

Kompetencebehov inden for fangst, anvendelse og lagring af CO₂ (CCUS) i Danmark - en analyse af kompetencegab og arbejdskraftbehov frem mod 2030

Drejer, Ina; Holm, Jacob Rubæk; Østergaard, Christian Richter; Gulieva, Valeria

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2023

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Drejer, I., Holm, J. R., Østergaard, C. R., & Gulieva, V. (2023). *Kompetencebehov inden for fangst, anvendelse og lagring af CO₂ (CCUS) i Danmark - en analyse af kompetencegab og arbejdskraftbehov frem mod 2030.*

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Kompetencebehov inden for fangst, anvendelse og lagring af CO₂ (CCUS) i Danmark – en analyse af kompetencegab og arbejdskraftbehov frem mod 2030

DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Socialfond



DEN EUROPÆISKE UNION
Den Europæiske Fond
for Regionaludvikling



Finansieret som et led i EU's reaktion
på COVID-19-pandemien

Vi investerer i din fremtid

CO₂VISION

Projekt: CO₂ Vision - CCUS Fyrtårn Nordjylland. Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag

Fase 4 – Kompetencegabsanalyse

Sidst redigeret 23. august 2023.

Udarbejdet af: Ina Drejer, Jacob Rubæk Holm og Christian Richter Østergaard, Aalborg University Business School

Grafik: Valeria Gulieva, Aalborg University Business School



**BUSINESS
SCHOOL**

**AALBORG
UNIVERSITY**

INDHOLD

04	KAPITEL 1 INTRODUKTION
08	KAPITEL 2 RAMMEN FOR AT FORSTÅ UDFORDRINGER FOR UDRULNINGEN AF CCUS: CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET
13	KAPITEL 3 CCUS-TEKNOLOGIER: TEKNOLOGISK MODENHED OG FORSKELLIGE FORMER FOR USIKKERHED
16	KAPITEL 4 KOMPETENCEBEHOV I FORBINDELSE MED UDRULNING AF CCUS-AKTIVITETER I DANMARK
20	KAPITEL 5 CCUS-RELATEREDE KOMPETENCEBEHOV: FREMSKRIVNINGER OG FLASKEHALSE
24	KAPITEL 6 HVOR SKAL KOMPETENCERNE KOMME FRA?
26	KAPITEL 7 FREMTIDEN FOR CCUS
28	REFERENCER



KAPITEL 1

INTRODUKTION



I foråret 2022 startede otte danske erhvervsfyrtårnsprojekter. Det nordjyske CO₂Vision-fyrtårnsprojekt var baseret på visionen om, at Nordjylland i 2030 er en international foregangsregion for CO₂-fangst, anvendelse og lagring (CCUS), og at der frem til 2030 vil blive dannet 5.000 nye arbejdspladser i relation til CCUS. Denne vision indebærer, at der i 2030 indfanges CO₂ i stor skala fra de største punktkilder, og der er etableret en rørført infrastruktur til transport af både CO₂ og brint, samt muligheder for lagring og anvendelse af den indfangede CO₂ til produktion af f.eks. grønne brændstoffer.

CO₂Vision-projektet består af to dele. Den ene del omhandler etableringen af ni demonstrations- og testsites, mens den anden del har til formål at afdække nuværende og fremtidige CCUS-relaterede kompetencebehov, samt iværksætte en række CCUS-relaterede kompetenceudviklingsforløb i nordjyske virksomheder på kort og lang sigt. Nærværende rapport er udarbejdet som led i et analyseprojekt under den anden del af det nordjyske CO₂Vision-projekt.

CCUS regnes for at være en vigtig redskab i bestræbelserne for at opfylde Danmarks 2030-klimamål (se f.eks. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2023). Der bliver løbende præsenteret nye ideer, debatindlæg og planer – men også udfordringer – for udbygning af CCUS-relaterede løsninger. Disse løsninger omfatter projektering af fangstanlæg, udvikling af planer for transport, test af lagring af CO₂ og pilotprojekter for anvendelse af den fangede CO₂, især til fremstilling af nye grønne brændstoffer. Det er tydeligt, at CCUS vil kræve store investeringer i nye anlæg, maskiner og teknologier, hvilket vil medføre øget efterspørgsel efter arbejdskraft til projektering, konstruktion og drift. Dette skaber forventninger til og bekymringer om mangel på arbejdskraft og en usikkerhed om hvilke kompetencer, der vil blive efterspurgt i relation til CCUS. CCUS kan, på linje med andre former for grøn omstilling, både kræve nye kompetencer og eksisterende kompetencer i større mængder. Denne ekstra efterspørgsel medfører risici for flaskehalse på arbejdsmarkedet, som kan forsinke den grønne omstilling.

Formålet med denne rapport er at præsentere hovedresultaterne fra en række analyser af det forventede fremtidige kompetence- og arbejdskraftbehov i forbindelse med udrulningen af aktiviteter inden for CO₂-fangst, -anvendelse og -lagring (CCUS) i Danmark.

De præsenterede resultater har karakter af en kompetencegabsanalyse, det vil sige en kortlægning af hvilke forventelige mismatch, der vil opstå i forhold til efterspørgsel og udbud af CCUS-relaterede kompetencer og arbejdskraft frem mod 2030. Analysen identificerer hvilke kompetencegab, der forventeligt vil opstå på forskellige faglige niveauer fra faglærte til højtuddannede – altså en kortlægning af hvilke konkrete kompetencer, der forventes at komme til at mangle frem mod 2030. Dette er gjort gennem en kombination af kvalitative analyser af hvilke specifikke kompetencer, der kræves for at arbejde med CCUS, og kvantitative analyser og fremskrivninger af udbud af og efterspørgsel efter arbejdskraft og kompetencer relateret til CCUS.

Kompetencebehovene er identificeret på to måder i analyserne. Indledningsvis er der gennemført en lang række kvalitative interviews med en række forskellige aktører, som har erfaringer med, eller planlægger aktiviteter inden for CCUS-relateret forskning, CO₂-udledning, produktion af CO₂-fangstanlæg, CO₂-lagringsaktiviteter, CO₂-anvendelse og systemfacilitering inden for CCUS-området, samt centrale underleverandøraktiviteter til CO₂-fangst og -anvendelse. Disse interviews er også, suppleret med andre former for kvalitativ information, anvendt som grundlag for at identificere de virksomheder – og tilhørende branchekoder – som ligger til grund for en kvantitativ, registerbaseret opgørelse af den aktuelle kompetenceefterspørgsel.

Ved hjælp af kombinationen af kvantitative og kvalitative data foretages det, der kaldes en triangularisering, hvor det samme fænomen undersøges ud fra en kombination af forskellige metoder – hvilket bidrager til at validere resultaterne. Samtidig sikres, at det både er muligt at komme i dybden i form af beskrivelser af, hvilke opgaver, der rent faktisk skal løses

i forskellige faser af en CCUS-udrulning, og opgøre omfanget af efterspørgslen efter kompetencer.

I det efterfølgende præsenterer kapitel 2 CCUS-innovationsøkosystemet som ramme for at forstå de udfordringer, som udrulning af CCUS står overfor. I kapitel 3 gives et overblik over CCUS-relaterede teknologier, med fokus på teknologisk modenhed og usikkerhed. De specifikke kompetencebehov forbundet med udrulning af CCUS beskrives i kapitel 4, hvorefter disse kompetencebehov analyseres yderligere i kapitel 5 i form af fremskrivninger og identifikation af flaskehalse på arbejdsmarkedet. Kapitel 6 adresserer spørgsmålet om hvor kompetencerne skal komme fra, mens kapitel 7 runder rapporten af med en diskussion af fremtiden for CCUS.

Bag om analyseprojektet

Denne rapport opsummerer de tre hovedrapporter, der er udarbejdet som led i CO₂ Vision-analyseprojektet. Disse rapporter er:

- [Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer: Relevante eksisterende analyser](#) (Holm, 2022).
- [CCUS-udrulning i Danmark: Teknologi, kompetencer og arbejdskraft](#) (Drejer og Østergaard, 2023).
- [Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer - Kvantitative analyser af relevante arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker i Danmark](#) (Holm, 2023).

Derudover er der udarbejdet et særskilt [metodenotat](#) (Holm et al., 2023), for den fremskrivningsmodel, der er anvendt i forbindelse med Holm (2023).

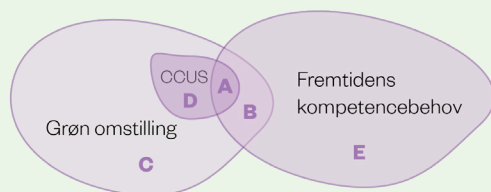
Analysearbejdet er gennemført af professor MSO Ina Drejer, lektor Jacob Rubæk Holm og professor Christian Richter Østergaard, fra Aalborg Universitet i samarbejde med en faglig sparringsgruppe fra Arbejdsmarkedskontor Midt-Nord under Styrelsen fra Arbejdsmarked og Rekruttering. Her har specialkonsulent Kim Knudsen og VEU-koordinator Lone Heise primært bidraget til de kvalitative analyser, mens specialkonsulent Lars Pilgaard og fuldmægtig Lasse Jungberg primært har bidraget til de kvantitative analyser. Analysechef & DPO Søren Tranberg fra Erhvervshus Nordjylland har løbende fulgt og kommenteret på arbejdet.

Analyseprojektets resultater er undervejs i processen blevet afrapporteret og drøftet på fire analysesmøder med deltagelse af repræsentanter fra arbejdsmarkeds- og erhvervsuddannelsessektoren, samt øvrige CO₂ Vision-partnerorganisationer.

En stor tak skal lyde til alle, der har bidraget til projektets gennemførelse.

HVAD SIGER TIDLIGERE ANALYSER AF ARBEJDSMARKEDET OG KOMPETENCEBEHOV RELATERET TIL CCUS?

CO₂Vision er ikke det første projekt, der har søgt at analysere det forventede fremtidige kompetence- og arbejdskraftbehov i forbindelse med **grøn omstilling**. Der findes desuden mere generelle analyser af fremtidens kompetencer. De relevante tidligere analyser kan opdeles i grupperne B, C, D og E som illustreret i nedenstående figur 1.



Figur 1. Fokusområder i den relevante, tidligere litteratur

Den litteratur, som specifikt adresserer fremtidens kompetencebehov i forbindelse med CCUS, er repræsenteret ved gruppe A i figur 1. Ved starten af CO₂Vision var der ingen litteratur i denne gruppe. Det vil sige, der var ingen dedikerede analyser af kompetencer og arbejdsmarkedet i relation til CCUS. Et af bidragene af projektet CO₂Vision har derfor været at tilføje litteratur til denne gruppe. Før CO₂Vision-analyserne blev igangsat, blev det dog undersøgt, hvorvidt litteraturen i gruppe B i figur 1 – altså overlappet mellem analyser af grøn omstilling og analyser af fremtidens kompetencebehov – kan sige noget om kompetencebehov relateret til CCUS.

Litteraturen i gruppe D, som omhandler CCUS uden dog at adressere kompetencebehov specifik, er også undersøgt for at vurdere, hvor meget af konklusionerne fra gruppe B, der kan forventes også at gælde for CCUS.

Som man vil se i denne rapport, så er de konklusioner vedrørende CCUS og kompetencebehov, der kan udledes fra tidligere studier, ikke alle bekræftet af vores specifikke analyser af CCUS. De vigtigste konklusioner fra de tidligere studier i forhold til hvilke kompetencer, der bliver behov for i forbindelse med en udrulning af CCUS i Danmark, er følgende:

1. Grøn teknologiudvikling generelt kræver konkrete grønne kompetencer såsom ingeniører specialiseret indenfor miljø. Der er dog tale om ret få jobs. I **CO₂Vision-analyserne** har vi vist, at CCUS-aktiviteter indeholder en del ingeniørarbejde indenfor miljø, men at personer, der udfører dette arbejde, har relativt forskellige ingeniøruddannelser.

2. Anlæg samt produktion af varer og tjenester til CCUS vil skabe mange jobs. Der er umiddelbart ikke noget i den eksisterende litteratur, som tyder på, at det vil kræve nye kompetencer, men det vil skabe øget efterspørgsel efter relativt generelle kompetencer – primært faglærte kompetencer. Der ventes i forvejen mangel på disse faglærte kompetencer, og efterspørgslen fra CCUS-aktiviteter er et relativt beskedent bidrag til at øge denne mangel. Eftersom udrulning af CCUS er på et tidligt stadie, er det ikke muligt besluttet at bekræfte denne konklusion i **CO₂Vision-analyserne**, men den virker plausibel og er konsistent med fremskrivningerne af arbejdsmarkedet i CO₂Vision-fremskrivningsmodellen.
3. Drift og vedligehold af CCUS, herunder transport, vil skabe et antal faste jobs. Nogle jobs vil kræve generelle kompetencer indenfor f.eks. skibsfart, men der kan også være nogle mere specifikke kompetencer, som vi ikke har observeret i Danmark endnu. **CO₂Vision-analyserne** peger dog på, at driften af CO₂-fangstanlæg på mange måder vil have fællestræk med driften af kraftvarmeanlæg eller af industriprocesser.
4. Man kan derudover pege på kompetencer, der helt generelt vil blive vigtigere i den kommende tid – også i CCUS-relaterede jobs indenfor anlæg, produktion, drift og vedligehold. Omstillingsparathed er især relevant, da litteraturen netop påpeger, at man skal anvende eksisterende kompetencer på en ny måde. Derudover er listen af kompetencer dog relativt abstrakt. F.eks.: Virtuelt samarbejde, selvledelse, problemløsning, kreativitet, teknologi-forståelse, ressourcebevidsthed osv. I **CO₂Vision-analyserne** har de relativt abstrakte kompetencer ikke fyldt meget. Med undtagelse af procesforståelse er abstrakte kompetencer sjældent dukket op i de kvalitative studier, og de er ikke observerbare i kvantitative data. Dog er den konklusion, at eksisterende kompetencer skal anvendes i en ny kontekst, der ikke forventes at kræve ny uddannelse, dukket op gentagne gange i **CO₂Vision-analyserne**, og kan siges at være en central konklusion.
5. Den sidste vigtig pointe fra den tidligere litteratur er, at man, så vidt mulig, skal se CCUS i en bredere kontekst af grøn omstilling med både muligheder for synergier og risikoer for konkurrence om kompetencer mellem de forskellige aktiviteter. Og den grønne omstilling skal ses i en bredere kontekst med teknologiske, demografiske og globaliseringsmæssige forandringer. Muligheder og risici i forbindelse med andre aktiviteter i den grønne omstilling, og potentialer for effektivisering gennem omorganisering og automatisering, er også nævnt i **CO₂Vision-analyserne**.

KAPITEL 2

RAMMEN FOR AT FORSTÅ UDFORDRINGER FOR UDRULNINGEN AF CCUS: CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET

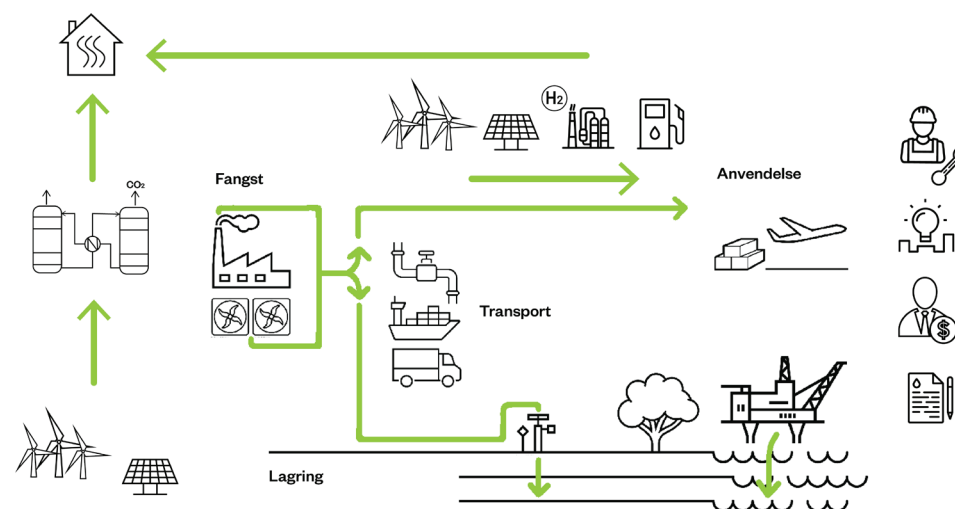


For at kunne analysere og kortlægge af de CCUS-relaterede kompetence- og arbejdskraftsbehov på kort og lang sigt er det nødvendigt at forstå hvordan de forskellige aktiviteter relateret til CCUS hænger sammen og påvirker hinanden. Selvom CCUS ofte fremstilles som en løsning med et stort potentiale, der er klar til implementering, når finansieringen kommer på plads, så skal man være opmærksom på, at CCUS er i en tidlig udviklingsfase, og er forbundet med en lang række usikkerheder.

CCUS omfatter en bred vifte af tæt forbundne innovationer til blandt andet at fange, transportere, lagre og anvende CO₂. For private virksomheders innovationsindsats vil en sådan tæt sammenkobling medføre signifikante risici i tilknytning til investering i teknologiens udvikling. Muligheder for succesfuld innovation indenfor lagring af CO₂ afhænger eksempelvis af andre innovationer indenfor lagring og transport af CO₂. Desuden skal mange forskellige aktører indføre de nye CCUS-innovationer, før de kan blive succesfulde.

Det er altså ikke nok at udvikle teknologien, demonstrere at den virker og markedsføre den, man er også afhængig af, at forskellige organisationer tilpasser sig til den nye teknologi. Eksempelvis er det ikke tilstrækkeligt, at CCUS-teknologi indføres hos en udleder af CO₂; det skal også indføres hos virksomheder, der skal arbejde med den videre anvendelse eller lagring af den fangede CO₂. De enkelte CCUS-innovationer understøtter således hinanden og kan ikke stå alene. Der må nødvendigvis være samtidige succesfulde innovationer indenfor både fangst, kondensering, transport, lagring, anvendelse osv.

Som med flere andre nye teknologier, så er teknologiens tilgængelighed og dens potentiale isoleret set utilstrækkeligt for, at tilpasning og indførsel sker automatisk på tværs af alle relevante organisationer. Derfor er det nødvendigt at analysere CCUS ud fra et overordnet innovationsøkosystemsperspektiv og forstå CCUS-innovationsøkosystemet samt de forskellige teknologier (se kapitel 3), for derefter at kunne vurdere kompetencebehovet i forbindelse med de forskellige faser af udrulning af CCUS-aktiviteter i Danmark.



Figur 2. En oversigt over det samlede CCUS-innovationsøkosystem

Et innovationsøkosystem kan beskrives som en samling af aktører, aktiviteter, teknologier, produkter og serviceydelser mv., samt institutioner og indbyrdes relationer, der er vigtige for en aktørs eller en gruppe af aktørers udvikling, samt spredning og anvendelse af innovationer.

Nogle af de indbyrdes afhængigheder i CCUS-innovationsøkosystemet har karakter af hønen- og ægget-problematikker, da der på den ene side skal fanges noget CO₂, før der bliver behov for transport, lagring og anvendelse af CO₂. På den anden side er der ikke meget incitament til at udvikle og investere i CO₂-fangstanlæg, før der er muligheder for at komme af med den fangede CO₂ igen. Det er ikke kun et spørgsmål om at få skabt en værdikæde af aktiviteter i relation til CCUS, men også om at sikre de økonomiske og institutionelle rammer for udrulningen af CCUS, herunder integrationen med det bredere energisystem, samt adgang til de relevante kompetencer og viden. Integrationen med energisystemet er central, fordi CCUS-processer både kræver store mængder af grøn

energi, og producerer store mængder overskudsvarme, som med fordel kan udnyttes i et fjernvarmesystem.

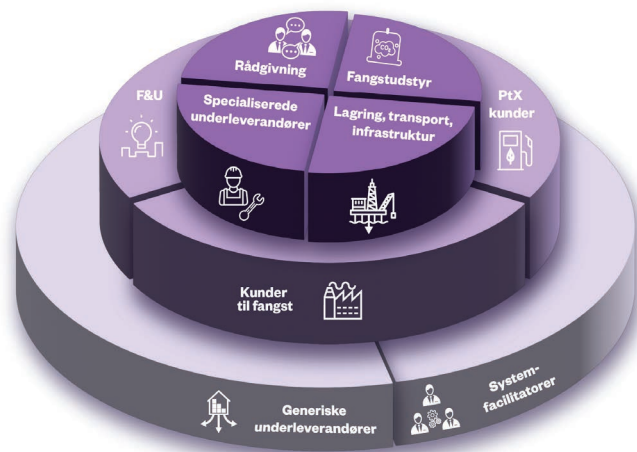
Ud over udledere af CO₂, såsom industrielle produktionsvirksomheder, forsyningsvirksomheder eller andre punktkilder, omfatter CCUS-innovationsøkosystemet producenter af fangstudstyr, aktører inden for transport af CO₂, virksomheder, der kan tilbyde on- og offhore-lagring af CO₂, samt virksomheder, der efterspørger CO₂, eksempelvis som input til PtX-processer. Forskellige typer af systemfacilitatorer spiller en essentiel rolle i forhold til at samle og forbinde de forskellige aktører i CCUS-innovationsøkosystemet. Systemfacilitatorerne er også centrale i forhold til at igangsætte projekter og søge offentlig finansiering til CCUS-aktiviteter.

Lovgivningsmæssige rammer og ikke mindst finansieringsmuligheder for CCUS-anlæg og -projekter spiller en vigtig rolle for innovationsøkosystemets funktion. Endelig er universiteter og andre vidensinstitutioner centrale kilder til forskning i teknologier relateret til CCUS, og sammen med erhvervsskolerne er universiteterne også kilder til fremtidig arbejdskraft til at realisere CCUS-planerne.

EN FUNKTIONEL BESKRIVELSE AF CCUS-INNOVATIONSØKOSYSTEMET

For senere at kunne analysere kompetence- og arbejdskraftbehov i arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker, er det nødvendigt også at beskrive CCUS-innovationsøkosystemet ud fra en funktionel tilgang, hvor fokus er på systemets virksomheder. Med afsæt i kvalitative data er CCUS-innovationsøkosystemet for Danmark blevet kortlagt og oversat til en målbar gruppe af forskellige industrier og aktiviteter. Resultatet ses i figur 3.

Første skridt for at beskrive innovationsøkosystemet ud fra kvalitative data var at gruppere virksomhederne efter deres rolle i CCUS-innovationsøkosystemet. For at opnå dette, blev en fortolkning af de kvalitative data kombineret med den formelle beskrivelse af virksomhedens aktivitet, som man ser af branchekoderne i Det Centrale Virksomhedsregister.



Figur 3. En funktionel oversigt over CCUS-innovationsøkosystemet

Højre side af figur 3 viser de ni identificerede grupper af aktiviteter, som tilsammen beskriver virksomhederne i CCUS-innovationsøkosystemet.

Figuren viser også hvilke branchekoder, der karakteriserer hver aktivitet. Branchekoder bruges i Danmark til at inddele virksomheder ud fra deres hovedaktivitet, og anvendes blandt andet i statistiske beskrivelser af erhvervslivet. Mange virksomheder udfører naturligvis flere aktiviteter forskellige steder i innovationsøkosystemet, og dette har bidraget til at placere aktiviteterne relativt til hinanden, som man kan se i venstre side af figur 3.

Rådgivning 711210 Rådgivende ingeniørvirksomhed inden for byggeri og anlægsarbejder 711230 Opstilling og levering af færdige fabriksanlæg 702000 Virksomhedsrådgivning	Forskning & Udvikling 721000 Forskning og eksperimentel udvikling indenfor naturvidenskab og teknik	Systemfacilitatorer 841300 Administration af og bidrag til erhvervsfremme 682040 Udlejning af erhvervsjendomme 711290 Anden teknisk rådgivning
Fangstudstyr 282000 Fremstilling af øvrige maskiner til generelle formål 289000 Fremstilling af øvrige maskiner til specielle formål 712000 Teknisk afprøvning og analyse	PtX kunder 192000 Fremstilling af raffinerede mineralolieprodukter 271000 Fremstilling af elektriske motorer, generatorer, transformere og elektriske fordelings- og kontroltavler 422200 Anlæg af ledningsnet til elektricitet og kommunikation 502000 Sø- og kysttransport af gods 473000 Servicestationer	Generiske underleverandører 620100 Computerprogrammering 292000 Fremstilling af karosserier til motorkøretøjer; fremstilling af påhængsvogne og sættevogne 265100 Fremstilling af udstyr til måling, afprøvning, navigation og kontrol 522920 Speditører 465100 Engroshandel med computere, ydre enheder og software 466900 Engroshandel med andre maskiner og andet udstyr 620200 Konsulentbistand vedrørende informationsteknologi
Specialiserede underleverandører 261000 Fremstilling af elektroniske komponenter og plader 331200 Reparation af maskiner 253900 Fremstilling af andre tanke og beholdere af metal	Kunder til fangst 233000 Fremstilling af byggematerialer af ler 235000 Fremstilling af cement, kalk og gips 382000 Behandling og bortskaffelse af affald 353000 Varmeforsyning 351100 Produktion af elektricitet 352100 Fremstilling af gas	
Lagering, transport, infrastruktur 522210 Erhvervshavne 352200 Distribution af gas 061000 Indvinding af råolie 091000 Serviceydelser i forbindelse med indvinding af råolie og naturgas		

Beskrivelsen af CCUS-innovationsøkosystemet i Danmark ud fra de CCUS-aktive virksomheders branchekoder, er nødvendig for at kunne identificere de virksomheder, der bidrager til udvikling af CCUS-teknologi, i Danmarks Statistiks (DST) registerdata. Disse virksomheder inkluderer naturligvis både virksomheder, der er direkte involveret i teknologisk udvikling relateret til CCUS, og kunder til fangstudstyr og eventuelle aftagere af CO₂. Desuden indeholder innovationsøkosystemet diverse støttefunktioner fra rådgivning til anlægsarbejde for CCUS.

Den funktionelle beskrivelse gør det også muligt at bruge registerdata fra DST til at beskrive arbejdsstyrken i de virksomheder, der findes i den centrale del af CCUS-innovationsøkosystemet. Dermed opnås en kvantitativ beskrivelse af de kompetencer, der anvendes i CCUS-innovationsøkosystemet. Den genererede viden om kompetencer kombineres med data fra Styrelsen for Arbejdsmarked og Rekruttering (STAR) i en beskrivelse af arbejdsmarkedet for disse kompetencer med specielt henblik på at identificere potentielle flaskehalse.

Som afsæt for at kunne fortolke de empiriske data samt identificere og nuancere CCUS-kompetencebehov frem mod 2030 er det dog nødvendigt at tage et nærmere blik på de forskellige CCUS-teknologier og deres modenhed.

KAPITEL 3

CCUS-TEKNOLOGIER: TEKNOLOGISK MODENHED OG FORSKELLIGE FORMER FOR USIKKERHED



Omdrejningspunktet i CCUS-innovationsøkosystemet er teknologier relateret til **CO₂-fangst**. Der har været forsket i CO₂-fangst i adskillige år, og der kommer løbende nye teknologier til, samtidig med at de kendte teknologier løbende forbedres. Den mest kendte og udbredte CO₂-fangstteknologi er baseret på det kemiske stof amin, og har siden 1970'erne været anvendt til fangst af CO₂ til industrielle formål. Erfaringerne med denne teknologi er baseret på bestemte røggasser og kontekster, hvor der fanges relativt små mængder af CO₂ fra kilder med en høj CO₂-koncentration, og der eksisterer således ikke en plug-and-play-løsning, som kan anvendes på alle typer af CO₂-udledninger. Derfor gennemføres der pilottests hos de CO₂-udledere, hvor man overvejer at opstille et CO₂-fangstanlæg, som eksempelvis Aalborg Portland og diverse kraftvarmeanlæg. Typisk lægger man ud med at teste fangstanlæg i en lille skala, som er meget langt fra det, der bliver behov for i en fuldt udrullet løsning.

Amin-teknologien er meget energikrævende, fordi processen foregår ved forholdsvis høje temperaturer. For de helt store udledere vil det betyde, at der skal sikres en egen, grøn energiforsyning. Mindre udledere vil kunne få energien fra elnettet, men her spiller elprisen, samt tilstedeværelsen af grøn energi, frem for sort energi, i elnettet, en central rolle.

Der eksperimenteres med flere forskellige alternative fangstteknologier, som har potentiale til at være mindre energitunge, men der findes endnu ingen alternativer, som er fuldt kommercielle, og det er vurderingen fra flere sider, at der inden for de næste 10 år ikke vil være seriøst konkurrerende teknologier til den aminbaserede teknologi.

CO₂-fangst kan ikke stå alene, men udviklingsretningerne for transport, anvendelse og lagring af CO₂ er endnu ikke fuldstændigt fastlagt. I forhold til **transport**, så står valget grundlæggende mellem transport i CO₂-rør og transport på skib eller lastbil. Teknologier relateret til transport af CO₂ er blevet vurderet til at være mere modene end fangstteknologierne, fordi der — på trods af væsentlige tekniske

forskelle mellem CO₂ og naturgas — kan bygges videre på erfaringer med transport af naturgas i storskala (Lauritzen, 2022). Men der er på globalt plan meget begrænsede erfaringer med rørført transport af CO₂ over store afstande. Det nationale gasdistributionsselskab Evida forventer, at der kan blive behov for rørført infrastruktur til både CO₂ og brint i Danmark. På kort sigt vil det sandsynligvis kræve, at der etableres nye rørledninger, men på længere sigt forventer Evida, at dele af det eksisterende gasnet vil kunne konverteres til at transportere CO₂ eller brint.¹ Transport med lastbil eller skib er et alternativ til rørført transport af CO₂. I relation til denne form for transport har det primære fokus været på kapacitetsudfordringer frem for teknologiske udfordringer.

I forhold til **lagring** af CO₂, så er der besluttet og igangsat testaktiviteter både on- og offshore i Danmark. Onshore er Gas Storage Denmark blevet udpeget til at gennemføre et pilotprojekt for det første CO₂-lager på land i Danmark i Stenlille, hvor der aktuelt er et naturgaslager. Formålet med pilotprojektet er at give større viden om teknologien og danske værdikæder for CO₂-fangst og -lagring. Stenlille-projektet er endnu et par år fra den første forventede CO₂-injicering i lageret. Stenlille har ikke kapacitet til storskala- og langvarig lagring af CO₂, og der er undersøgelser af potentielle lagringsfaciliteter i gang flere steder i Danmark.² Offshore er der erfaringer med at nedpumpe CO₂ i oliefelter for at øge udvindingsgraden fra oliefelter (Parker et al., 2009), og i Norge har man siden 1996 injiceret CO₂ separeret fra naturgas i Sleipner-gasfeltet i Nordsøen (Furre et al., 2017). Men der er stadig behov for yderligere erfaringsopsamling i relation til den specifikke kontekst og den øgede skala, og derfor er der igangsat en pilottest ved det tidligere oliefelt Nini West i Nordsøen, hvor den første CO₂ blev injiceret i det undersøiske sandstensreservoir i marts 2023.

¹ <https://evida.dk/co2-infrastruktur/> (tilgået 23. august 2023)

² De seneste undersøgelser anslår dog, at lagringskapaciteten er større end oprindeligt forventet, således at der er teknisk potentiale til at injicere CO₂ i op mod 20 år, i stedet for de oprindeligt anslåede fem år (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2023).

Det store fokusområde for fremtidig storskala-**anvendelse** af CO₂ er aktiviteter relateret til Power-to-X (PtX), hvor CO₂ i kombination med brint kan anvendes til produktion af eksempelvis e-metanol og e-fuels. Der er aktuelt adskillige PtX-pilotprojekter i Danmark.

Det er imidlertid ikke udelukkende i relation til CCUS-teknologierne, at der er usikkerheder. Der skelnes eksempelvis mellem biogen CO₂ udledt fra fornybare kilder, som f.eks. biomasse, og fossil CO₂ udledt fra ikke-fornybare kilder, som f.eks. olie og gas eller fra afbrænding af kalk i cementproduktion. De to "typer" af CO₂ er kemisk set ens, og har samme påvirkning på klimaet, men i økonomisk-politisk forstand, og i forhold til at nå klimamålene, behandles de meget forskelligt. Den biogene CO₂ regnes som værende neutral i forhold til klimaet, og derfor tæller den ikke med i CO₂-regnskabet. Derfor er den biogene CO₂ mest oplagt at anvende til eksempelvis PtX, netop fordi den betragtes som grøn og klimaneutral. Den fossile CO₂-udledning fra en stor del af energisektoren, samt fra den energitunge industri og luftfarten, belaster derimod klimaregnskabet, og er derfor kvotebelagt. Da de store CO₂-udledere typisk anvender forskellige typer af brændsel for at nedbringe udledningerne, så opstår der en særlig kompleks udfordring i, at den CO₂, der udledes fra en specifik punktkilde, typisk vil være en blanding af biogen og fossil CO₂. Det er således tydeligt, at de lovgivningsmæssige rammer, herunder hvordan man regnskabsteknisk vil behandle hhv. biogen og fossil CO₂, vil komme til at spille en betydelig rolle i forhold til den retning, hvormed CCUS-innovationsøkosystemet vil udvikle sig.

Meget afhænger også af offentlige støttemuligheder, da de færreste CCUS-aktiviteter pt. er rentable på almindelige markedsvilkår. Derfor spiller offentlig miljøregulering og støtte en meget stor rolle i udviklingen og spredningen af CCUS-teknologier. Samtidigt er der en lang række andre love og reguleringer, som også er vigtige og endnu ikke er fastlagte, f.eks. regler for transport og lagring af CO₂. Overordnet viser CCUS-innovationsøkosystemet de mange indbyrdes afhængigheder i systemet, der skaber usikkerhed omkring udviklingen. Samtidig er der også "konkurrence" mellem enkelte elementer, hvor et valg omkring teknologi eller investeringer i én del af systemet påvirker de andre dele – f.eks. vil valget af lagring i nogen udstrækning konkurrere med planer for anvendelse af CO₂.

KAPITEL 4

KOMPETENCEBEHOV I FORBINDELSE MED UDRULNING AF CCUS- AKTIVITETER I DANMARK



De forskellige typer af usikkerheder relateret til teknologi, finansiering, lovgivnings- og institutionelle – og dermed også markedsmæssige – rammer betyder, at der også er usikkerhed omkring hvornår der for alvor vil komme gang i udrulningen af CCUS i Danmark, samt hvordan aktiviteterne eksempelvis vil komme til at fordele sig mellem anvendelse og lagring af CO₂. Disse usikkerheder skal tages i betragtning i forbindelse med vurderingen af typen, og ikke mindst omfanget af kompetencebehov relateret til CCUS.

Udrulning af CCUS i Danmark kan deles op i forskellige faser med forskellige kompetencebehov. CO₂-fangsten alene kan deles op i fire hovedfaser:

1. Forskning og udvikling (F&U) og Test
2. Projektering og design
3. Konstruktion
4. Drift

I det nedenstående beskrives kompetencebehovene i disse faser nærmere med afsæt i de kvalitative analyser.

CO₂-FANGST: F&U- OG TESTFASEN

CO₂-fangst befinder sig aktuelt i F&U- og testfasen, hvor der primært efterspørges F&U-kompetencer samt projektskabelses- og udviklingskompetencer. Konkret er der tale om forskellige typer af ingeniørkompetencer og kompetencer inden for kemi (såsom energi-, miljø- og kemiingeniører), samt medarbejdere med kompetencer inden for projektledelse, finansiering, jura mv.

I denne fase er der begrænset efterspørgsel efter erhvervsuddannede til etablering og servicering af testanlæg, men når fangstanlæggene skal etableres, så kommer der både en efterspørgsel efter folk, der har kendskab til teknologien, og efter håndværkereuddannede, som kan lave komponenterne og montere anlæggene.

Efterspurgte kompetencer i F&U- og testfasen

- Ingeniørkompetencer (energi-, miljø-, kemiteknikingeniører, kemikere)
- Højtuddannede generalistkompetencer i relation til projektudvikling og -ledelse, finansiering, jura, systemfacilitering
- Begrænset efterspørgsel efter erhvervsuddannede til etablering og servicering af testanlæg.

CO₂-FANGST: PROJEKTERINGS- OG DESIGNFASEN

I projekterings- og designfasen, der for et større CO₂-fangstanlægsprojekt anslås at kunne strække sig over en periode på cirka tre år, vil der stadig være behov for forskellige typer af ingeniørkompetencer, herunder kemiingeniører, til både den grundlæggende og detaljerede engineering. I forbindelse med sidstnævnte vil der også være behov for erhvervskompetencer inden for teknisk og computer assisted design.

Fangstanlæg vil skulle tilpasses den specifikke kontekst, både i forhold til størrelse og type af CO₂-udledende anlæg, og til røggassens sammensætning. Derfor fremhæves manglen på ingeniører som en væsentlig barriere for udrulning af CCUS: hvis der eksempelvis ikke er ingeniører nok til at designe anlæg til CO₂-fangst, så bliver der heller ikke behov for smede, elektrikere og andre håndværkere til at konstruere anlæggene. Behovet for tekniske designkompetencer til anlæg er også relevant i forhold til biogasopgradering, hvor CO₂ udskilles fra biogassen, således at gassen opnår naturgaskvalitet, og hvor det naturlige næste skridt vil være at opfange den udskilte CO₂.

Efterspurgte kompetencer i projekteringsfasen

- Ingeniørkompetencer (eksempelvis kemi, maskin, proces)
- Teknisk design, Computer Assisted Design (CAD)

CO₂-FANGST: KONSTRUKTIONSFASEN

I konstruktionsfasen bliver der behov for håndværkere med elektriker- og smedekompetencer, under ledelse af en entreprenør, som har erfaring med konstruktion af kemiske anlæg.

Mens behovet for elektriker- og smedekompetencer bidrager til en allerede eksisterende mangel på arbejdskraft med denne type af kompetencer, så er der ikke identificeret et udtalt behov for nye typer af kompetencer inden for de eksisterende erhvervsuddannelser. Det skyldes, at det nye i et CO₂-fangstanlæg, er selve processen, det vil sige hvordan CO₂ bindes og udskilles. Men de systemer, der skal fungere i samspil med hinanden, designes af ingeniørerne, og sammensætningen af systemernes proceselementer påvirker ikke kravene til den håndværksmæssige konstruktion.

Der er således tale om velkendt el-installationsteknik, og den efterspurgte styrings- og reguleringsteknik er også standard i industrien. Også i forhold til smedearbejdet vil ingeniørernes designarbejde munde ud i tegninger, der ligner andre ting, som smede er vant til at svejse. Men der bliver behov for folk med erfaring inden for rustfri stål og andre ståltyper.

Det vil også være en fordel, at de håndværkere, der skal arbejde med konstruktionsarbejdet, har materialekendskab samt forståelse for processen på CO₂-fangstanlægget.

Behovet for håndværkerarbejde i selve opstillingsprocessen kan forventes at mindskes over tid, efterhånden som der opbygges erfaringer og dermed sker effektiviseringer, så mindre skal laves på sitet, mens flere dele produceres i haller og leveres i containere.

Der kan imidlertid vise sig at opstå nye krav til specialiserede kompetencer efterhånden som man kommer i gang med konstruktionen af de anlæg, der skal bygges i de kommende år, fordi anlæggene er adskillige gange større, end hvad man hidtil har kendt til.

Eftersom flere potentielle leverandører af CO₂-fangstanlæg er udenlandske, kan det forventes, at disse vil komme med en del af arbejdskraften udefra. Det kan dog antages, at der vil blive et træk på lokale underleverandører.

Efterspurgte kompetencer i konstruktionsfasen

Specifikke kompetencer

- Ingeniørkompetencer
- Smedekompetencer
- Elektrikerkompetencer

Generiske/tværgående kompetencer

- Procesforståelse

CO₂-FANGST: DRIFTSFASEN

Driften af et CO₂-anlæg kan i vid udstrækning sammenlignes med at drifte andre industrielle processer, og det vil være tilsvarende typer af målere og skærme, der skal overvåges. Så selv om der er tale om komplekse integrerede systemer, forventes driftsovervågningsopgaven at kunne varetages af folk med forskellige teknisk eller håndværksmæssige baggrunde, og med erfaringer fra drift af kraftvarmeverk, energianlæg eller anlæg i større produktionsvirksomheder. Det betyder, at selv om nogle vurderer, at der bliver rift om procesfolk, fordi der kan komme mange CO₂-fangstprojekter, så er det ikke vurderingen, at der er behov for særlige uddannelser eller certifikater for at styre CO₂-fangstanlæg. Det kan dog forventes, at leverandører af fangstanlæg vil inkludere undervisning af driftsmedarbejdere til det specifikke anlæg i kontrakten på anlægget.

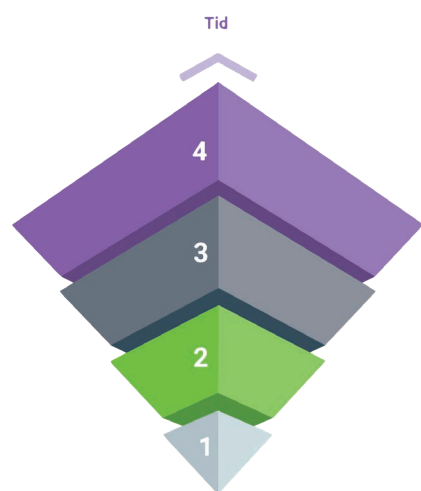
De faggrupper, der kommer til at arbejde med drift af CO₂-fangstanlæg, kan eksempelvis være maskinmestre, elektrikere eller smede med lidt tæft for styring af procesanlæg. Nogle peger også på procesteknikere og procesingeniører. Driften af et amin-baseret CO₂-fangstanlæg kræver også enten in-house laboratorieerfaring og -faciliteter, eller udlicitering af kemiske prøver til eksterne laboratorier.

Service og vedligehold på anlæggene kræver også procesforståelse. Noget vil kunne automatiseres og digitaliseres, og digitale kompetencer vurderes generelt at være vigtige i forhold til at få de forskellige systemer til at "tale sammen".

Både i relation til CO₂-fangsanlæg, og anvendelsesområder som PtX, vil der være sikkerhedsaspekter, men der findes rådgivende ingeniører, som har arbejdet med sikkerhed og dokumentation inden for procesindustrien, samt gas- og olieindustrien, og som forventes at ville kunne bistå på dette område. Der vil også være en del regnskabs- og afgiftstekniske opgaver forbundet med CO₂-fangst og den efterfølgende anvendelse eller lagring, da området reguleres af afgifter og kvoter. Disse opgaver vil trække på kontorphersonale.

Efterspurgte kompetencer i driftsfasen

- Proceskompetencer – eksempelvis procesingeniører, procesteknikere, procesoperatører, maskinmestre, elektrikere med specialviden inden for procesudstyr.
- Vedligeholdelseskompetencer – overlap med ovenstående, men eksempelvis også smede og svejsere.



4. Drift

Elektrikere, maskinmestre, procesteknikere, procesingeniører. Drift kræver også laboratorieerfaring eller adgang til laboratorieservices.

3. Konstruktion

Behov for elektrikere og smede m.v. (muligt at substituere med andre typer af kompetencer), under ledelse af entreprenører, der har erfaring med kemiske anlæg. Ikke noget udtalt behov for nye typer af kompetencer inden for de eksisterende erhvervsuddannelser.

2. Projektering og design

Ingeniørkompetencer til at udføre grundlæggende såvel som detailed engineering; ingeniører og tekniske tegnere til at udarbejde detaljerede anlægsbeskrivelser.

1. F&U og Test

Primært F&U-kompetencer samt projektskabelses- og udviklingskompetencer: ingeniør- (og i en vis udstrækning kemiker-) kompetencer på både forsknings- og virksomhedssiden, samt højtuddannede med kompetencer inden for projektledelse, finansiering, jura m.v.

I mindre målestok behov for faglært arbejdskraft til etablering og servicering af testanlæg.

CO₂-fangst er imidlertid kun ét – om end et meget vigtigt – element af CCUS. Men CO₂-fangst forudsætter, at der er planer for hvordan den fangede CO₂ skal anvendes og/eller lagres, samt hvordan CO₂ transporteres til anvendelses- og lagringsstederne. Udviklingssporene for transport, anvendelse og lagring kan imidlertid gå i forskellige retninger, som delvist konkurrerer med hinanden, og derfor præsenteres i det nedenstående kun relativt overordnede kompetencerelaterede overvejelser i relation til disse dele af CCUS-innovationsøkosystemet.

TRANSPORT, LAGRING OG ANVENDELSE AF CO₂

I relation til etableringen af rørledninger til **transport** af CO₂ er det overordnede indtryk, at der ikke forventes nye kompetencebehov set i forhold til hvad der kræves for etableringen af andre typer af gasledninger.

Behovet for arbejdskraft i forhold til CO₂-**lagring** vurderes at være begrænset. I relation til onshore-lagring vil der i vid udstrækning være behov for de samme typer af kompetencer som pt. anvendes i relation til naturgaslagring, og i relation til offshore-lagring, er det forventningen, at det primært er folk med erfaring fra olie- og gasbranchen, som kommer til at arbejde med offshore CO₂-lagring.

Det store fokusområde for fremtidig storskala-**anvendelse** af CO₂ er PtX. I relation til etablering af PtX-anlæg vil der være smedearbejde på samme måde som i forbindelse med etablering af CO₂-fangstanlæg, samt elarbejde med forsyningsanlæg, højspænding, store kabler m.v. Men heller ikke her er der tale om behov for nye kompetencer. Driften af et PtX-anlæg kan på mange måder sammenlignes med et kraftværk, bortset fra, at der på et kraftværk sjældent er gasser til stede på samme måde som på et PtX-anlæg. Så en forudsætning for at arbejde på et PtX-anlæg er, at man kender til og har tilladelse til at arbejde med tændkilder og anlæg, hvor der indgår brandfarlige gasser.

Figur 4. CO₂-fangst – opsummering af faser og kompetencebehov

KAPITEL 5

CCUS-RELATEREDE KOMPETENCEBEHOV: FREMSKRIVNINGER OG FLASKEHALSE



Mens det foregående kapitel fokuserede på hvilke typer af opgaver og kompetencer, en CCUS-udrulning helt specifikt er forbundet med, vil dette kapitel sætte tal på og tage et kvantitativt perspektiv på kompetencebehovene.

På arbejdsmarkedet kan det ske, at efterspørgslen efter en type arbejdskraft overgår udbuddet – en såkaldt flaskehals. Manglen på arbejdskraft kan medføre, at økonomiske aktiviteter forsinkes eller helt aflyses, og identifikation af potentielle flaskehalse er derfor vigtigt for den grønne omstilling, herunder en storskala udrulning af CCUS.

Det foregående kapitels gennemgang af de forskellige faser for CO₂-fangst peger i retningen af, at CCUS-arbejdsstyrken vil omfatte mange faglærte kompetencer – ikke mindst relateret til metalarbejde, der i arbejdsmarkedsdata vil være repræsenteret under funktioner som "Smedearbejde" og "Pladesmedarbejde". De kvantitative analyser afslører imidlertid, at disse funktioner ikke er blevet mere hyppige i CCUS-arbejdsstyrken siden 2010. Den sandsynlige forklaring på dette er dog, at den aktuelle opmærksomhed på CCUS først for alvor tog fart i slutningen af 2010'erne, og CCUS derfor fortsat befinder sig i F&U- og testfasen. Resultaterne af de kvantitative analyser er således i overensstemmelse med at efterspørgslen efter faglærte kompetencer først kommer i de senere CCUS-udrulningsfaser.

Et interessant resultat af de kvantitative analyser er, at flere faglærte funktioner i CCUS-arbejdsstyrken har basis i de samme formelle uddannelser. Uddannelserne som smed og som industritekniker går eksempelvis igen flere gange. Når de samme uddannelser udgør basis for flere funktioner, kan det være et tegn på fleksibilitet i form af jobs, hvor medarbejdere kan flyttes mellem jobfunktioner. Men det kan også udgøre en risiko. Eksempelvis kan en nedgang i antallet af uddannede

smede ramme CCUS-innovationsøkosystemet bredt.

Smedeuddannelsen er ikke et tilfældigt valgt eksempel i ovenstående. Selvom funktionen "Smedearbejde" ikke ser ud til at være videre central i CCUS-arbejdsstyrken endnu, så viser registerdata, at "Smed" er den AMU-efter og videreuddannelse, der anvendes langt oftest i CCUS-arbejdsstyrken. Noget af denne efter- og videreuddannelse er relateret til certificering og vedligeholdelse af kompetencer, men over en femårig periode observeres der alligevel mange gange flere AMU-smede-forløb, end der er personer med funktionen "Smedearbejde" i CCUS-arbejdsstyrken. Dette tyder på, at ikke kun personer ansat til smedearbejde deltager i EVU-forløb indenfor smedearbejde.

FREMSKRIVNINGER

Som led i at vurdere de fremtidige kompetence- og arbejdskraftbehov i forbindelse med udrulningen af CCUS, er der gennemført fremskrivninger af både udbud og efterspørgsel efter arbejdskraft. Udgangspunktet for fremskrivningerne er data fra Styrelsen for Arbejdsmarked og Rekruttering (STAR).

Udbud af arbejdskraft for en given arbejdsfunktion er defineret som antal nye jobparate ledige, der ønsker job indenfor den pågældende arbejdsfunktion, mens efterspørgsel er defineret som antal nyopslåede stillinger indenfor funktionen. Det primære fokus i fremskrivningerne er relationen mellem disse to tal: antal nye ledige per nye stilling for en given arbejdsfunktion.

Ud over en referencefremskrivning, som er en "ren" fremskrivning af den forventede udvikling på baggrund af historiske data, er der modelleret tre scenarier:

- Scenarie 1: Ét stort CCUS-projekt, som antages at koste 12 milliarder kroner i 2010-priser inklusiv infrastruktur og lagring.¹ For at modellere effekten af en sådan aktivitet på arbejdsmarkedet for de forskellige arbejdsfunktioner, skal disse 12 milliarder fordeles over tid og over de fem aktiviteter i CCUS-innovationsøkosystemets kerne. Den antagne fordeling er vist i tabel 1.
- Scenarie 2: Dette scenarie er en tredobling af scenarie 1. Hvor scenarie 1 er et enkelt stort anlæg med opstart af anlægsfasen i 2023, så er scenarie 2 tre store anlæg med opstart i hhv. 2023, 2025 og 2026. Scenarie 2 omfatter dermed en samlet stigning i den økonomiske aktivitet på 3*12 milliarder = 36 milliarder kroner.
- Scenarie 3: Dette scenarie er et alternativ uden antagelser om nye CCUS-projekter, men med en pessimistisk demografisk udvikling, som fører til færre personer i arbejdsstyrken med de relevante kvalifikationer.

Mia. 2010DKK	2023	2024	2025	2026	Total
F&U	0,5	0,5			1
Rådgivning	0,5	0,5	0,5	0,5	2
Fangstudstyr		1	1	1	3
Specialiserede underleverandører		1	1	1	3
Lagring, transport og infrastruktur		1	1	1	3
Total	1	4	3,5	3,5	12

Tabel 1. Scenarie 1, fordeling af investeringer over tid og på hovedaktiviteter

¹ Den kvalitative dataindsamling har vist, at alene konstruktionen af et CO₂-fangstanlæg med en kapacitet på omkring 400.000 tons CO₂ om året, vurderes at ville koste mellem 3 og 5 mia. kr. Hertil kommer så den nødvendige infrastruktur til transport og lagring. Det er naturligvis ikke givet, at der kun etableres store anlæg. Vurderinger anslår, at konstruktionen af et mindre anlæg til fangst af 50.000 tons CO₂ årligt, vil koste mellem 150 og 200 mio. kr. De anslåede beløb er behæftet med stor usikkerhed, da de ikke er baseret på faktiske tilbud på konstruktion af fangstanlæg og infrastruktur, jf. Drejer og Østergaard (2023).

CO₂ Vision-fremskrivningsmodellen

Der er gennemført fremskrivninger af både udbud og efterspørgsel efter arbejdskraft i det aktuelle projekt. I disse fremskrivninger behandles separate arbejdsmarkeder for en række forskellige typer af arbejdskraft (~arbejdsfunktioner). Fremskrivningsmodellen er beskrevet i detaljer i et særskilt metodenotat (Holm et al., 2023).

Fremskrivningsmodellen modellerer samtidigt udbud af og efterspørgsel efter en given type arbejdskraft. Forskellen på udbud og efterspørgsel viser risikoen for flaskehalse på arbejdsmarkedet, som kan hindre eller i hvert fald forsinke udrulningen af CCUS.

Modellen tager udgangspunkt i historiske data til at identificere statistiske lovmæssigheder mellem forskellige variable. I det aktuelle tilfælde er de inkluderede variable, foruden udbud og efterspørgsel, også den relative løn for den specifikke arbejdsfunktion, økonomisk aktivitet relateret til funktionen, samt kvalifikationer i arbejdsstyrken relateret til funktionen. Data starter i 2010 og fremskrivningerne løber til og med 2030.

Modellen er for arbejdsmarkedet på nationalt plan. Den er altså ikke afgrænset til CCUS eller regionalt afgrænset. Arbejdsmarkedet for smedearbejde er ikke signifikant opdelt af brancheskel, og heller ikke af CCUS. Det kan i nogle tilfælde give mening at analysere regionale arbejdsmarkeder, men det medfører en del udfordringer for dataindsamlingen, og man må også antage, at arbejdsmarkeder har forskellige grader af regional afgrænsning. Det er eksempelvis muligt, at arbejdsmarkedet for smedearbejde har en stærkere tendens til at være regionalt afgrænset end arbejdsmarkedet for ingeniørarbejde indenfor miljø, da universitetsuddannede ofte er relativt geografisk mobile. Da samme fremskrivningsmodel anvendes for alle arbejdsfunktioner, modelleres arbejdsmarkedet i alle tilfælde på nationalt plan.

Fremskrivningsmodellen viser, at nogle relativt alvorlige flaskehalse er ved at udvikle sig på det danske arbejdsmarked. Der findes ikke en entydig værdi for brøken "antal ledige personer per ledig stilling", som signalerer, at der er en flaskehals, men for de syv første arbejdsfunktioner i tabel 2 ventes tallet at være under 10 ledige personer per stilling i 2030. Dette gælder i både i referencefremskrivningen, og i de tre scenarier, der er modelleret. Yderligere to funktioner, "Ingeniørarbejde i industri og produktion" og "Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg", er så følsomme overfor arbejdsstyrkens kvalifikationer, at den demografiske udvikling kun skal forværres lidt (scenarie 3), før der også er færre end 10 ledige per stilling for disse funktioner.

Tallene i sidste kolonne angiver hvor mange ledige, der mangler, hvis der skal være mindst 10 ledige per stilling i 2030. Sammenholdt med andre studier kan det undre, at manglen for smedearbejde ikke er større, men de fleste andre studier fremskriver på uddannelse, ikke arbejdsfunktion, og smedeuddannede varetager andre funktioner end blot smedearbejde. Et eksempel er pladesmedarbejde, hvor de kvantitative data viser, at 50% af personerne med arbejdsfunktionen pladesmedarbejde indenfor CCUS-innovationsøkosystemet er uddannet som smed.

Lægger man alle tallene sammen, så mangler der et stort antal ledige på det danske arbejdsmarked i 2030, men tallene her skal tolkes som en øvre grænse for manglen, da der er en risiko for, at tallene er oppustede i det omfang, at ledige har flere jobønsker. En ledig kan eksempelvis søge både jobs med smedearbejde og jobs med pladesmedarbejde.

Flaskehalsene kan potentielt hæmme udrulningen af CCUS ved at begrænse adgangen til relevante kompetencer. Men CCUS i sig selv vil ikke i nævneværdigt omfang forværre flaskehalsene, da CCUS-aktiviteter ikke fylder meget i den samlede danske økonomi.

Slutteligt skal det nævnes, at CO₂Vision-fremskrivningsmodellen ikke inkluderer ufaglærte. Andre analyser såvel som dette projekts kvalitative analyser (Drejer og Østergaard, 2023), har påpeget, at der også forventes at ville blive efterspurgt en del ufaglærte i forbindelse med eksempelvis anlæg af CO₂-fangst- og PtX-anlæg.

Fremskrivning	Arbejdsfunktion med flaskehals	Antal jobsøgende, der mangler i 2030, hvis der skal være mindst 10 jobsøgende per ledig stilling
Reference	Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer	15.800 personer
Reference	Ingeniørarbejde inden for elektronik	10.800 personer
Reference	Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab	17.200 personer
Reference	Pladesmedarbejde	46.700 personer
Reference	Smedearbejde	2.400 personer
Reference	Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningmaskiner	25.600 personer
Reference	Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner	6.000 personer
Scenarie 3	Ingeniørarbejde i industri og produktion	7.500 personer
Scenarie 3	Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg	4.000 personer

Tabel 2. Identificerede flaskehalse

KAPITEL 6

HVOR SKAL KOMPETENCERNE KOMME FRA?



Selv om analyserne ikke peger på, at der i forbindelse med udrulningen af CCUS opstår nye flaskehalse (se tabel 3), eller bliver behov for helt nye kompetencer i forhold til hvad uddannelsessystemet aktuelt kan tilbyde, så er der stadig en udfordring med adgangen til arbejdskraft, da der i vid udstrækning vil blive behov for kompetencer, der i forvejen er mangel på.

Derfor kan det overvejes, om erhvervsskolesystemet i højere grad kan bruge erhvervsuddannelsernes centrale rolle i forhold til den grønne omstilling, i forbindelse med markedsføringen af uddannelserne.

Fremskrivning	Flaskehalse
Fortsættelse af trend fra 2010-2022 (referencefremskrivning)	Flaskehalse indenfor: • Ingeniørarbejde inden for mekaniske systemer • Ingeniørarbejde inden for elektronik • Andet teknikerarbejde inden for fysisk videnskab og ingeniørvidenskab • Pladesmedarbejde • Smedearbejde • Operatør og opstillingsarbejde af metalforarbejdningmaskiner • Mekanikerarbejde, landbrugs- og industrimaskiner
Udrulning af CCUS (scenarie 1 og 2)	Ingen nye flaskehalse
Pessimistisk demografisk udvikling (scenarie 3)	Nye flaskehalse: • Ingeniørarbejde i industri og produktion • Teknikerarbejde inden for byggeri og anlæg

Tabel 3. Overblik over fremskrivninger og flaskehalse

Selvom uddannelsessystemet er en vigtig kilde til at frembringe de medarbejdere og kompetencer, der er nødvendige for en udrulning af CCUS, så er det ikke den eneste kilde. En del af arbejdskraften vil også kunne forventes at komme fra andre brancher. Eftersom der ikke er et én-til-én forhold mellem uddannelser og jobfunktioner, kan der være muligheder for substituere med andre typer af arbejdskraft på de områder, hvor der opleves mangel, og i den forbindelse tænke i omskoling af folk fra erhverv, som oplever nedgang. Den største koncentrerede efterspørgsel efter arbejdskraft vil være i konstruktionsfasen, og i relation til dette peger nogle aktører på, at den forventede nedgang inden for nogle områder af byggebranchen kan frigøre medarbejdere til CCUS-området. Olie- og gasindustrien kan som nævnt være kilde til medarbejdere relateret til CO₂-lagring. Og derudover kan medarbejdere med erfaring fra industrielle produktionsprocesser, kraftvarmeværker med videre være relevante i forhold til drift af anlæggene. Samtidigt kan automatisering, svejserobotter og anden ny teknologi være med til at erstatte noget af arbejdskraften. Det kan også være relevant at tænke i kortere uddannelser inden for nogle områder, og endelig er udenlandsk arbejdskraft også en oplagt kompetencekilde. Eftersom Danmark ikke er det eneste land, der ser CCUS som en nødvendig del af den grønne omstilling, kan der dog også internationalt blive konkurrence om kompetencerne.

Fordi flere forskellige uddannelsesmæssige baggrunde kan supplere hinanden i forhold til størstedelen af opgaverne, anbefales det at være fleksibel og tage afsæt i hvilke faggrupper, der er tilgængelige, og hvordan disse hurtigt kan opgraderes til at varetage opgaverne, hvis en sådan opgradering er nødvendig.

KAPITEL 7

FREMTIDEN FOR CCUS



Der sker en rivende udvikling på CCUS-området, ikke kun i forhold til teknologi, men også i forhold til beslutninger om aktiviteter, investeringer og samarbejder – både i form af nye aktiviteter og samarbejder, og i form af tidligere besluttede aktiviteter eller investeringsplaner, som opgives.

Afsættet for CO₂Vision-projektet er Nordjylland, men der er stadig mange udestående beslutninger, som vil påvirke hvor i landet, forskellige aktiviteter vil komme til at foregå. Alene i løbet af forsommeren 2023 er der offentliggjort adskillige beslutninger, ikke mindst relateret direkte eller indirekte til Statens første milliard-store udbud af CO₂-fangst i Danmark, som kan præge den fortsatte udviklingsretning for – og geografiske placering af – CCUS-aktiviteterne.

Det er et generelt kendetegn for spirende områder, hvor der er stor usikkerhed på mange dimensioner, at virksomheder går sammen i forskellige samarbejder på kryds og tværs, og at nye muligheder opstår, mens andre opgives. Den kontinuerlige teknologiske udvikling indenfor CCUS vil ligeledes kunne påvirke kompetencebehovet, og de valg af teknologi, løsninger og ansættelser, som bliver taget i forbindelse med de tidlige investeringer i CCUS-anlæg, vil også påvirke retningen og mulighederne for de kommende investeringer.

Valg og beslutninger, som virksomheder og andre aktører på CCUS-området tager, kommer til at understøtte visse udviklingsspor og udelukke andre. Det er eksempelvis ikke ligegyldigt, om en stor CO₂-udleder som Aalborg Portland vil fortsætte med udelukkende at tænke i lagring, eller på sigt også vil overveje anvendelse af CO₂ – hvis der altså kommer reguleringsmæssige rammer, som gør anvendelse af fossil CO₂ mulig og realistisk.

Usikkerheden kræver, at centrale aktører udviser stor fleksibilitet og er tilpasningsparate. Men usikkerheden betyder også, at nye beslutninger og planer – eller opgivelsen af planer, der ellers forekom realistiske, og derfor har ligget til grund for analyserne i dette projekt – kan medføre, at kompetencebehovene kan ændre sig i såvel indhold som omfang. Vi har imidlertid bestræbt os på at være tydelige omkring vores fremgangsmåder og de forudsætninger, der ligger til grund for analyserne, som er præsenteret i deres helhed i Holm (2023) og Drejer og Østergaard (2023). Dermed bør læserne have et grundlag for at vurdere om, og i givet fald hvordan, væsentlige ændringer i rammerne for CCUS-området, vil påvirke de præsenterede resultater.

REFERENCER

- Drejer, I. & Østergaard, C.R. (2023). [*CCUS-udrulning i Danmark: Teknologiske kompetencer og arbejdskraft*](#). Rapport fra CO₂ Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, august 2023.
- Furre, A.-K., Eiken, O., Alnes, H., Vevatne, J.N., & Kier, A.F. (2017). 20 years of monitoring CO₂-injection at Sleipner. *Energy Procedia*, 114, 3916-3926, DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.1523.
- Holm, J.R. (2022). [*Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer - Relevante eksisterende kompetenceanalyser*](#). Rapport fra CO₂ Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, maj 2022.
- Holm, J.R. (2023). [*Udbud af og efterspørgsel efter CCUS-relateret arbejdskraft og kompetencer - Kvantitative analyser af relevante arbejdsmarkeds- og uddannelsesstatistikker i Danmark*](#). Rapport fra CO₂ Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, august 2023.
- Holm, J.R., Bernth, C., Jensen, K.G.B. & Skipper, E. (2023). [*Metodenotat til CO₂ Vision-fremskrivningsmodel*](#). Rapport fra CO₂ Vision – CCUS Fyrtårn Nordjylland, Aktivitet 2: Analyse & Vidensgrundlag, juli 2023.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2023). *Klimahandling – I mål med fangst og lagring af CO₂*. Regeringsudspil, august 2023.
- Klima- og Omstillingsrådet (2021). *Klimaeksponeret beskæftigelse i Danmark: En indledende analyse*. Marts 2021, København.
- Lauritzen, F. (2022). *Transport af CO₂ i Danmark – Barrierer og Muligheder*. Rapport udarbejdet af Axcel Future for CCS Alliancen.
- Parker, M.E., Meyer, J.P., & Meadows, S.R. (2009). Carbon Dioxide Enhanced Oil Recovery Injection Operations Technologies. *Energy Procedia*, 1, 3141-3148, DOI: 10.1016/j.egypro.2009.02.096.