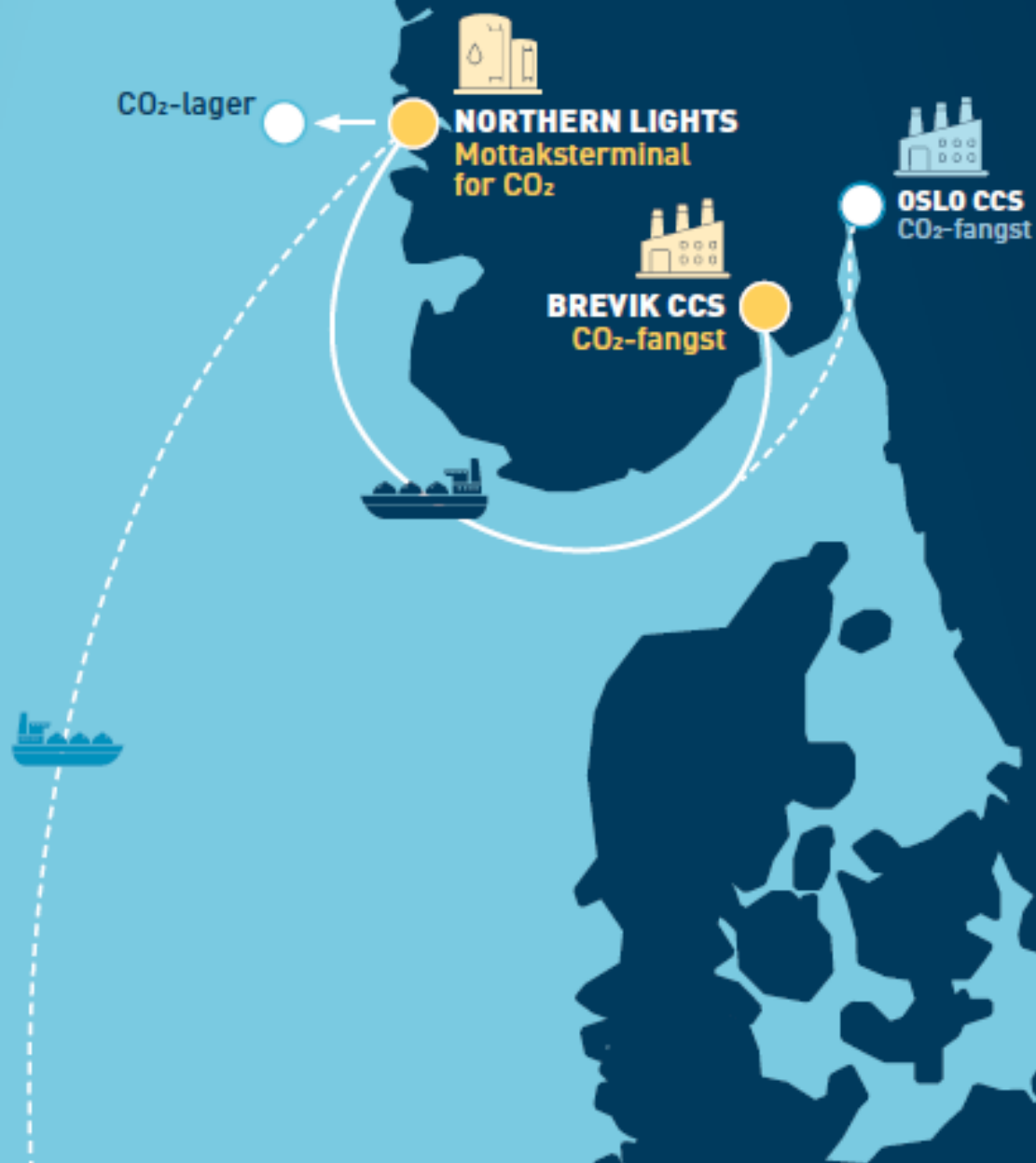




Basert på Langskip:

Potensiale for kostnadsreduksjoner i CCS-kjeden

Eksternrapport fra Gassnova SF

06-2025

GASSNOVA 

Sammendrag

Karbonfangst- og lagringsprosjekter står foran store utfordringer de kommende årene, særlig med å sikre bygging og drift innenfor akseptable tids- og kostnadsrammer. For å møte kravene fra investorer, myndigheter og samfunnet ellers er det viktig å redusere kostnadene for fremtidige CCS-anlegg. Å identifisere driverne for kostnadsreduksjoner er viktig i CCS-teknologiens rolle for å redusere globale karbonutslipp.

Gjennom å analysere kostnadsdrivere som teknologimodenhet, reguleringsmodenhet og industripraksis, ønsker Gassnova å vise potensialet for mer kostnadseffektive løsninger.

Langskip har gitt verdifull innsikt i kostnadsdrivere gjennom hele CCS-kjeden. Prosjektet har avdekket viktige teknologiske og operasjonelle utfordringer. Samtidig har covid-pandemien og geopolitiske hendelser påvirket prosjektets fremdrift, og gitt Langskip uforutsette kostnader sammenlignet med opprinnelige anslag.

Langskip-erfaringene peker på potensialet i regulatoriske endringer og tilpasning av industripraksis til CCS-spesifikke krav. Funnene viser blant annet at teknologimodenhet og valg av integrasjonsløsninger mellom utslippskilder og fangstanlegg, er viktige for å sikre kostnadseffektive løsninger.

Kapasitetsøkninger og teknologiske fremskritt kan redusere kostnadene per tonn fanget CO₂. Dette kan bidra til bredere implementering av CCS i Norge, og styrke den globale utviklingen av karbonfangst- og lagringsteknologi.

Redaksjonen i Gassnova
Ingrid Sørum Melaaen (leder)
Jale Mutlu
Hans Jørgen Vinje
Erik Hernes
Rune Gutteberg Hansen

Gassnova SF, 6. juni 2025

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	3
2. Kostnader ved Langskip-prosjektet	4
3. Kapasitetsskalering av CCS-verdikjeden	7
4. Kostnadsdrivere i Langskip-verdikjede	9
5. Potensial for kostnadsreduksjoner i CCS-verdikjeden.....	13
6. Konklusjon.....	15
7. Forkortelser og definisjoner	16

1. Innledning

I løpet av det neste tiåret vil karbonfangst og -lagringsprosjekter (CCS) globalt, stå overfor betydelige utfordringer knyttet til å gjennomføre bygging og drift innenfor akseptable tids- og budsjettammer. For å møte kravene fra investorer, myndigheter og samfunnet for øvrig er det nødvendig å kutte kostnader for fremtidige CCS-anlegg.

Formålet med Langskip-prosjektet er å demonstrere at CCS-verdikjeden er trygg og gjennomførbar. Samtidig skal Langskip tilrettelegge for læring og kostnadsreduksjoner for etterfølgende CCS-prosjekter. Langskip omfatter Heidelberg Materials (HM) fangstprosjekt «Brevik CCS», Northern Lights Joint Ventures (NL JV) transport- og lagringsprosjekt «Northern Lights» (NL) og Hafslund Celsios fangstprosjekt «Oslo CCS».

Gjennom en årrekke har Gassnova opparbeidet detaljert og unik kunnskap om utviklingen av CCS-kjeden, sett under ett. Dette har skjedd gjennom oppfølging av Langskip – fra tidligfase via Front-End Engineering Design (FEED), til byggefase og planlegging av oppfølging i driftsfasen. I tillegg har CLIMIT¹ støttet en rekke prosjekter som har vært avgjørende for teknologiutviklingen i hele CCS-verdikjeden. TCM² har også bidratt til sentral kunnskapsutvikling i forkant av Langskip, gjennom modning av aminprosessen i kommersiell skala.

Resultatene fra Langskip bidrar til teknologiutvikling ved å understøtte forskning, utvikling og innovasjon på CCS-området. Resultatene fra prosjektet fokuserer på mer tilpassede standarder og reguleringer, som blant annet kan styrke utviklingen av leverandørmarkedet innenfor CCS.

Det er en omfattende oppgave å gjennomføre detaljerte analyser av kostnadsdrivere og potensielle kostnadsreduksjoner. Denne rapporten setter søkelys på kostnadsdriverne som kan ha potensiale for kostnadsreduksjoner, basert på Gassnovas kunnskap om Langskip-prosjektet. Her vurderes Brevik CCS og NL – men ikke Oslo CCS. Analysen er basert på første fase av Langskip, og arbeidet strekker seg fra mai til november 2024. Gassnova ønsker å rette en stor takk til Brevik CCS og Northern Lights for viktige bidrag til arbeidet.

Gassnovas hovedmål er å fremme teknologiutvikling og kompetanseoppbygging for kostnadseffektive og framtidsrettede løsninger for CO₂-håndtering. Hittil har Gassnova publisert to eksterne rapporter som presenterer teknisk³ og regulatorisk læring⁴ fra Langskip.

¹ CLIMITs prosjektdatabase: [Prosjekter Archive - Climit](#)

² TCM: [18 Years of public-private partnership for developing post-combustion CO2 capture at Technology Centre Mongstad in Norway by Geleijn De Koeijer, Erik Gjernes, Steinar Pedersen, Carsten Ehrhorn, Stephane Jouenne, Veronique Pugnet, Renaud Cadours, Svein Ingar Semb, Muhammad Ismail Shah :: SSRN](#)

³ Gassnova: Teknisk læringsrapport: [Developing Longship - Key lessons learned - Fullskala](#)

⁴ Gassnova: Regulatorisk læringsrapport: [Regulatory Lessons Learned from Longship – The public sector's involvement in Europe's first industrial CCS chain - Fullskala](#)

2. Kostnader ved Langskip-prosjektet

Langskip-prosjektet er en stor og kostbar satsing, og staten står for hoveddelen av finansieringen. Det er aktørene i Langskip som er ansvarlig for gjennomføringen av sine deler av prosjektet. Staten har inngått separate statsstøtteavtaler med hver av aktørene i Langskip, her HM og NLJV. Disse avtalene regulerer blant annet fordelingen av kostnader mellom staten og hver av aktørene. Karbonfangst og -lagring forutsetter at hele kjeden fra fangst til lagring er klar samtidig. I et demonstrasjonsprosjekt med ny teknologi innebærer dette ekstra usikkerhet. Gjennom statsstøtteavtalene avlaster staten aktørene for risikoen for at utviklingen av de øvrige deler av kjeden ikke går som forventet. I prosjektet inngår det ikke bilaterale avtaler mellom aktørene.

De totale kostnadene for prosjektet ble i forbindelse med investeringsbeslutningen anslått til 25,1 mrd. kroner (2021-kroner). Samlet styringsramme (P50) for staten var 16,8 mrd. kroner i Meld. St. 33 (2019–2020)⁵ og KS2-rapport fra de eksterne kvalitetssikrerne Oslo Economics og Atkins (kvalitetssikrer) i 2020⁶. Dette inkluderte investering og drift i 10 år, for alle de tre aktørene i prosjektet. I denne rapporten ses det nærmere på de to delene av prosjektet som har kommet lengst, Brevik CCS samt NL.

Avtalene innebærer at for HM dekkes 100 % av investeringskostnadene opp til om lag 1,2 mrd. kroner og 75 % av investeringer over dette beløpet, opp til en maksimalramme. For NLJV dekkes 80 % av grunninvesteringene og 50 % av nærmere definerte tilleggsinvesteringer. Tilsvarende dekker staten mellom 75 og 100 % av nærmere definerte tilskuddsberettigede driftskostnader i 10 år, opp til en angitt maksimalramme.

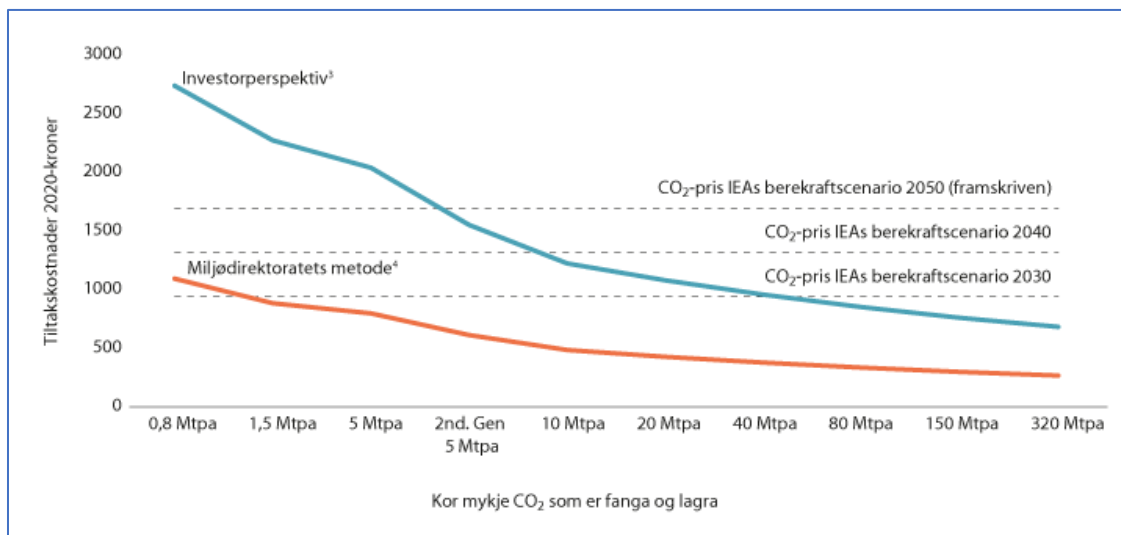
Kostnadene med Langskip må ses i sammenheng med at det er et demonstrasjonsprosjekt. En målsetning er å legge til rette for kostnadsreduksjoner for etterfølgende prosjekt, blant annet gjennom læring og teknologiutvikling fra prosjektet.

Figur 1 er hentet fra Meld. St. (2019–2020)⁵, og viser blant annet DNVs vurdering av hvordan kostnadene ved karbonfangst og -lagring i form av tiltakskostnader per tonn CO₂ kan utvikle seg⁷, når det blir bygget flere anlegg og samlet volum blir større.

⁵ Meld. St. 33 (2019–2020) Langskip – fangst og lagring av CO₂ [Meld. St. 33 \(2019–2020\) - regjeringen.no](#)

⁶ Oslo Economics, Atkins: [kvalitetssikring-ks2-av-tiltak-for-demonstrasjon-av-fullskala-co2-handtering.pdf](#), 24.06.2020

⁷ Med investorperspektivet er det lagt til grunn 8 % reell diskonteringsrate både for CO₂-mengde og kostnader over 25 års levetid. Med Miljødirektoratets metode er det lagt til grunn 4 % reell diskonteringsrate for kostnader over 25 års levetid, mens CO₂-mengde ikke blir diskontert.



Figur 1 Forventet utvikling i gjennomsnittlige tiltakskostnader for CO₂-håndteringsprosjektet⁵

I denne rapporten er det de samlede kostnader ved prosjektet og elementer i prosjektet som vektlegges, ikke fordeling av kostnadsandeler for staten eller andre aktører. Det er samlet kostnad som er et naturlig utgangspunkt for kostnadsoversikter og -drivere ved CCS-prosjekter, i tillegg til vurdering av mulige kostnadsreduksjoner og optimalisering.

Ved investeringsbeslutningen i Prop. 1 S (2020–2021)⁸ var styringsrammen for investeringene for Brevik CCS anslått til 3,2 mrd. kroner. Tilsvarende for investeringene i NL-prosjektet 9,1 mrd. kroner, inkludert grunn- og tilleggsinvesteringer. Årlige driftskostnader var anslått til 119 mill. kroner for Brevik CCS og 477 mill. kroner for NL.

Kostnadene har økt underveis i byggeperioden, både på grunn av forhold ved prosjektene og den generelle økonomiske utviklingen som er preget av ekstraordinære hendelser. Byggeperioden i Langskip-prosjektet er gjennomført i en turbulent periode. Både covid-pandemien, de påfølgende tiltakene og Russlands krigføring i Ukraina, har hatt betydelig innvirkning på gjennomføringen av prosjektet⁹. Hendelsene førte til forhindret tilgang til arbeidskraft og råvarer, og ga svingende priser på råvarer og energi. Høye stålpriser er et eksempel på prisvekst som påvirket prosjektet. Flaskehalser og knappheter, prisøkninger på viktige innsatsfaktorer og økonomiske stimulerings tiltak, smittet over i prisvekst på andre varer og tjenester. Fra 2020 til 2024 var gjennomsnittlig prisvekst 19 %.

Underveis i byggeperioden ble det gjennomført to supplerende kvalitetssikringer, i 2022 og 2023, som blant annet gikk gjennom årsakene til kostnadsveksten. I den supplerende

⁸ [Prop. 1 S \(2020-2021\)](#): Andre fullmakter XVI - Fullmakt til å inngå avtaler og pådra staten forpliktelser for Langskip (fangst og lagring av CO₂).

⁹ Burns, A., Gomez, Y.D. "Lessons learned in the design and construction of the Brevik CCS facility," GHGT 17, October 2024

kvalitetssikringen i 2022¹⁰ ble det påpekt at HMs forventede kostnader er økt med om lag 850 mill. kroner fra KS2 i 2020. Som årsaker til økningen nevnte kvalitetssikrer for stor tro på modenhet på KS2-tidspunktet, undervurdering av prosjektets kompleksitet og manglende kjennskap ved forhold ved anlegget i Brevik, samt kostnader knyttet til covid og kostnadsøkninger i markedet. Covid-effekten ble anslått til mellom 70 og 120 mill. kroner avhengig av hvorvidt økte materialpriser anses som en covid-effekt. I den supplerende kvalitetssikringen i 2023¹¹ ble endringer i prisnivå, redusert usikkerhetspåslag og ekstraordinære merkostnader som, i hvert fall delvis, skyldes Russlands invasjon av Ukraina og påfølgende sanksjoner mot Russland, trukket frem som årsaker til kostnadsendringer ved Brevik CCS. Kvalitetssikrer vurderte at NL ser ut til å holde seg innenfor tidligere estimerte forventede investeringskostnader hensyntatt prisvekst. I 2023 inngikk staten og HM en avtale hvor HM forpliktet seg til å fullføre prosjektet og dekke økte kostnader mot at selskapet får beholde en større del av den potensielle avkastningen i prosjektet, og staten forpliktet seg til å gi et oppstartstilskudd på inntil 150 mill. kroner.

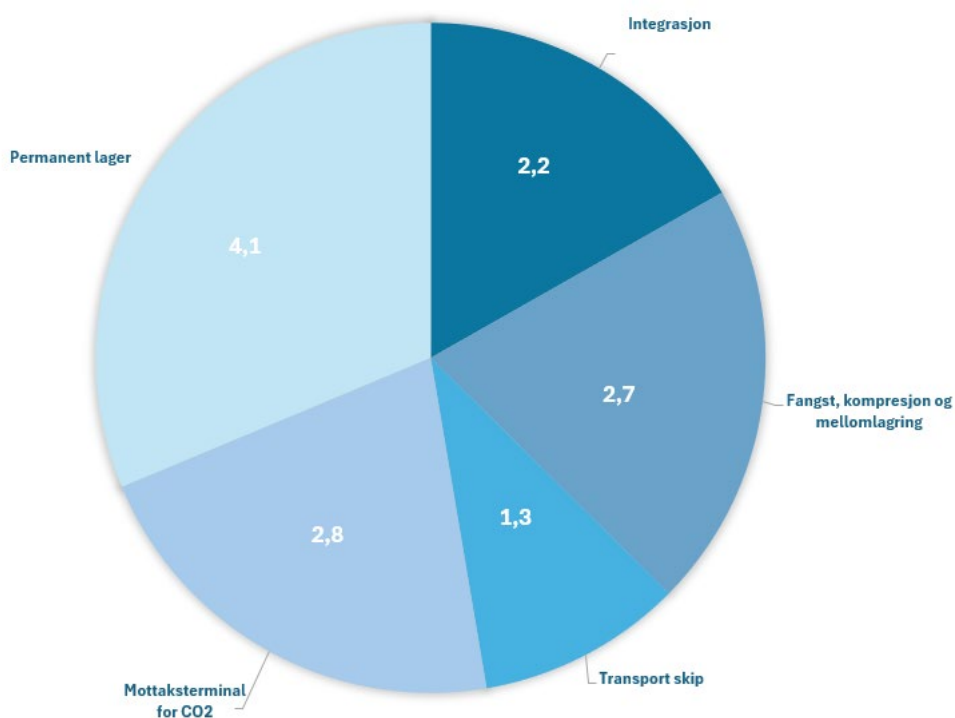
I kapittel 3 og 4, der kapasitetsskalering og kostnadsdrivere blir vurdert, deles Langskip-investeringen i fem kategorier. «Brevik CCS» deles i «Integrasjon» og «Fangst, kompresjon & mellomlagring», og grunnlagsinvesteringene i NL deles opp i «Transport skip», «Mottaksterminal for CO₂» og «Permanent lager». Budsjettprognosen for investeringskostnadene fra høsten 2024 deles opp tilsvarende:

- *Integrasjon*: Inkluderer alle budsjettelementer for Brevik CCS, unntatt elementene som dekker fangstanlegg, kompresjon og mellomlagring samt varmevekslere mot sementanlegget; utgjør 2,2 mrd. kroner.
- *Fangst, kompresjon & mellomlagring*: Omfatter fangstanlegg, kompresjon og mellomlagring samt varmevekslere mot sementanlegget; utgjør 2,7 mrd. kroner.
- *Transport skip*: utgjør 1,3 mrd. kroner.
- *Mottaksterminal for CO₂*: utgjør 2,8 mrd. kroner
- *Permanent lager*: utgjør 4,1 mrd. kroner.

Figur 2 viser fordeling av Langskip-investeringen etter denne inndelingen.

¹⁰Oslo Economics, Atkins: [supplerende-kvalitetssikring-av-langskip-fangst-og-lagring-av-co2.pdf](#), 11.02.2022

¹¹ Oslo Economics, Atkins: [supplerende-kvalitetssikring-av-norcem-og-langskip-mars-2023.pdf](#), 30.03.2023



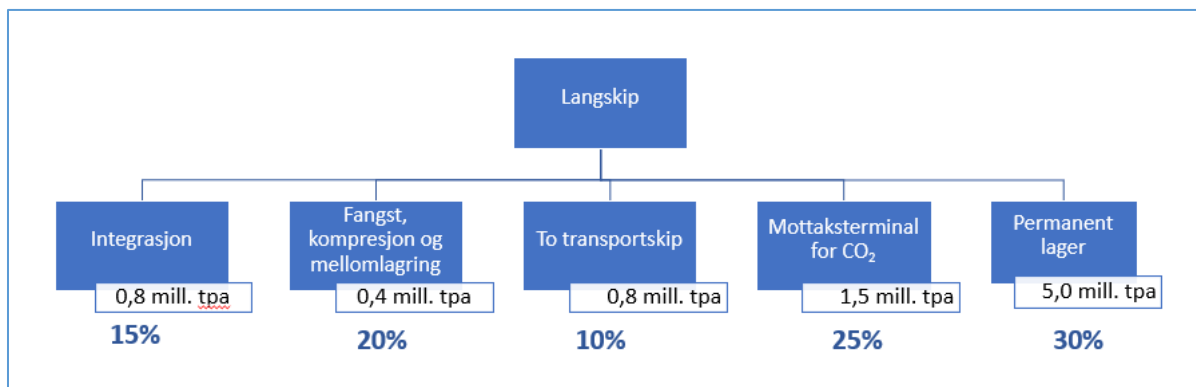
Figur 2: Samlet investering med grunninvesteringer for Langskip, fordelt i samsvar med verdikjeden. Tallene i sektordiagrammet representerer mrd. kroner for hver kategori, totalt 13,1 mrd. kroner.

3. Kapasitetsskalering av CCS-verdikjeden

Høsten 2024 består Langskip av en fullskala CCS-verdikjede med utgangspunkt i HMs sementproduksjonsanlegg i Brevik, med et CO₂-utslipp på 0,8 mill. tpa fra røykgass med CO₂-konsentrasjon i underkant av 20 %. Tilgjengelig spillvarme fra sementproduksjonen og fangstanlegget har vært dimensjonerende for fangstanleggets kapasitet på 0,4 mill. tpa CO₂. I tillegg har Langskip infrastruktur som består av to skip, en CO₂-mottaksterminal på Øygarden med planlagt overkapasitet, samt et ytterligere overdimensjonert transportrør mot et permanent lager.

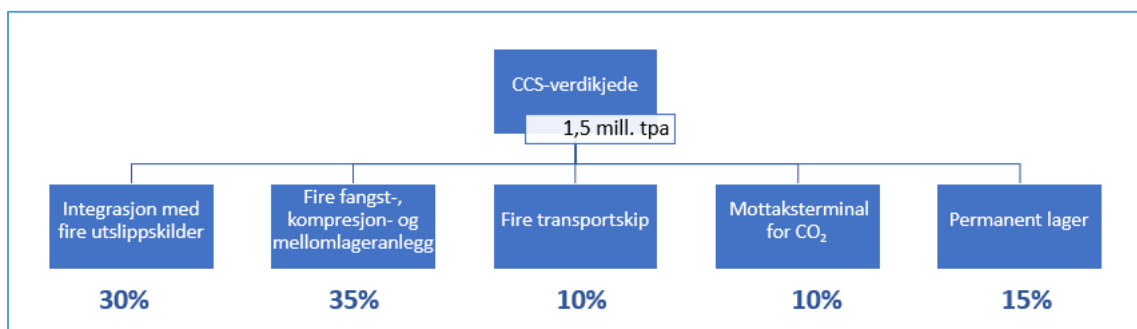
Figur 3 viser et anslag på hvordan prosjektkostnadene for Langskip er fordelt mellom fem ulike elementer i Langskip-kjeden; der drøyt 15 % ligger på integrasjonen med sementproduksjonsanlegget, omtrent 20 % på fangstanlegg, kompresjon, rensing og mellomlager i Brevik og 10 % på NLs to skip, noe i underkant av 25 % på NL sin mottaksterminal, og i størrelsesorden 30 % er knyttet til NLs permanente lager for CO₂.

Figuren viser også hvordan kapasiteter varierer mellom de ulike elementene i kjeden. Sementproduksjonsanlegget slipper ut 0,8 mill. tpa CO₂. Av dette volumet blir 0,4 mill. tpa CO₂ fanget og fraktet med skip til Øygarden. NLs mottaksterminal kan fylles opp med volumer opp mot 1,5 mill. tpa CO₂ fra nye kunder, og CO₂-rørledningen med kapasitet på 5 mill. tpa til permanent lager, gir en ytterligere overkapasitet til senere utbyggingsfaser.



Figur 3: Fordeling av investeringskostnadene for Langskip med ulike kapasiteter for hver kategori

En teoretisk normalisering av investeringskostnadene for hele Langskip-verdikjeden til en massebalansert kapasitet på 1,5 mill. tpa CO₂, kan tydeligere vise hvilke deler av verdikjeden som vil være mest kostnadskreven per tonn CO₂. En slik verdikjede vil kreve i størrelsesorden fire fangstanlegg med samme kapasitet og investeringskostnader som Brevik CCS, fire skip, mottaksterminal som på Øygarden og en ekstra brønn til det geologiske lageret. I analysen som vises i Figur 4, brukes kostnadsprognosene fra Langskip for de fem hovedelementene i hele CCS-kjeden oppskalert til kapasitet på 1,5 mill. tpa CO₂. Flere fangstanlegg gir ytterligere behov for store investeringer i kjeden sammenlignet med Langskip. Fordobling av skipskapasiteten påvirker ikke kostnadsfordelingen i samme grad, og den prosentvise andelen ligger på omtrent samme nivå som før. Kostnadsandelen for infrastrukturen knyttet til mottaksterminal og lager blir signifikant redusert.



Figur 4: Fordeling av investeringskostnader for en teoretisk CCS- verdikjede med kapasitet 1,5 mill. tpa for hvert hovedelement.

Det er interessant å se i denne massebalanserte oppskaleringen sammenlignet med Langskip, at tyngdepunktet for projektkostnadene flyttes fra CO₂-infrastrukturen til fangstanlegget integrert med utslippskilden.

I Langskip-prosjektet ligger 65 % av projektkostnadene i infrastrukturen, mens i den massebalanserte CCS-verdikjeden er infrastrukturandelen redusert til 35 %, og andelen knyttet til fangstanleggene integrert med utslippskildene, økt fra 35% til 65 %.

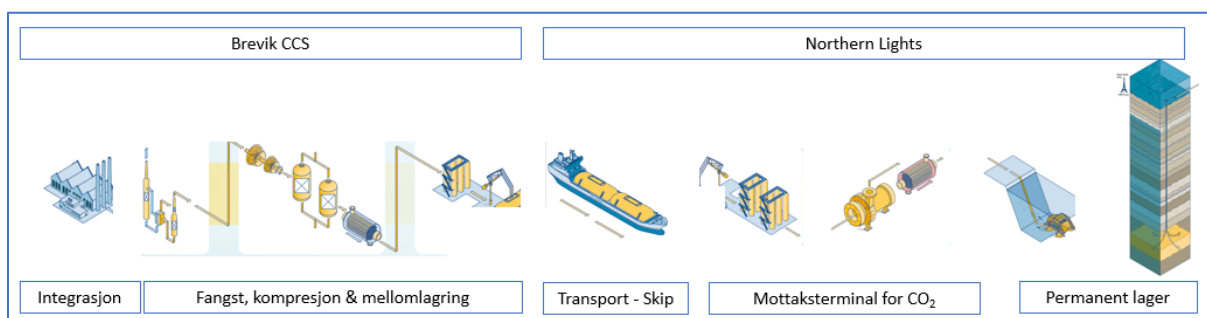
Kapasitetsskaleringen viser viktigheten av å styrke utviklingen innen forskning, innovasjon og andre tiltak knyttet til fangstprosessen – slik at fangstanlegget kan bli enklere og billigere å bygge og å integrere, både med utslippskilden og til transportløsningen mot permanent lager.

4. Kostnadsdrivere i Langskip-verdikjede

Analysen for å finne overordnede kostnadsdrivere og potensial for kostnadsreduksjoner i CCS-verdikjeden, kombinerer en verdikjedeanalyse med en kostnadsdriveranalyse fra Langskip.

Langskips verdikjede er satt sammen av fem hovedelementer som vist i Figur 5.

Fangstprosjektet Brevik CCS er delt i to, der det første elementet viser integrasjon mot HMs sementproduksjonsanlegg mens den andre inneholder selve fangstanlegget. Fangstanlegget består av fangstprosessen, kondisjoneringsanlegget med kompresjon og rensing, og mellomlager. NLs infrastrukturprosjekt består av skipstransport fra HMs terminal i Brevik til mottaksterminalen i Øygarden. Denne CO₂-mottaksterminalen er det fjerde elementet i verdikjeden, og består av kai, lagertanker og injeksjonspumper for CO₂. Det siste elementet inkluderer 100 km rørledning og injeksjonsbrønner til permanent lager.



Figur 5: Langskip verdikjede.

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

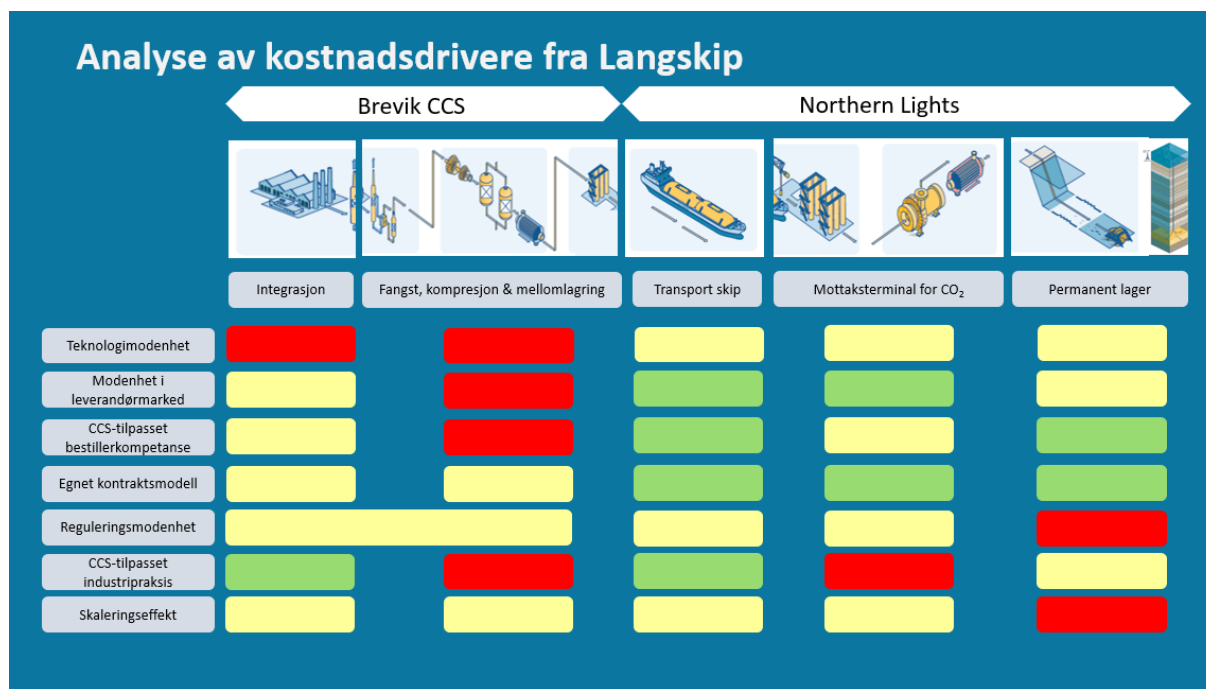
- *Teknologimodenhet*
- *Modenhet i leverandørmarkedet*
- *CCS-tilpasset bestillerkompetanse*
- *Egnet kontraktmodell*
- *Reguleringsmodenhet*
- *CCS-tilpasset industripraksis*
- *Skaleringseffekt*

For å få en oversikt over hvilke elementer som kan bidra til kostnadsreduksjoner i CCS-verdikjeden, er det satt opp en matrise der prosesselementene i verdikjeden beskriver kolonnene. De sentrale kostnadsdriverne som blir analysert, er fordelt mellom de ulike radene.

For hver enkelt kostnadsdriver er det stilt samme spørsmål for alle prosesselementene i verdikjeden. Disse spørsmålene synliggjør de viktigste problemstillingene knyttet til den gitte

kostnadsdriveren. Intensiteten i svarene er gradert i tre nivåer; rødt, gult og grønt – der rødt markerer cellene som vurderes å ha størst potensiale for kostnadsreduksjoner, og grønt minst.

Denne trafikklysanalysen som er vist i Figur 6, avdekker betydelige muligheter for kostnadsreduksjoner i CO₂-verdikjeden. Samtidig varierer risiko og utfordringer betydelig mellom de ulike leddene i verdikjeden.



Figur 6: Oppsummering av trafikklysanalyse for kostnadsdrivere i Langskip-verdikjede.

Spørsmål knyttet til de ulike kostnadsdriverne langs hele verdikjeden i Langskip og koordinerende svar, er beskrevet nedenfor.

Teknologimodenhet: Er teknologien moden?

Teknologimodenhet viser variasjoner langs CO₂-verdikjeden. Integrasjon, fangst, kompresjon og mellomlagring er vurdert som rødt, som indikerer at teknologien er umoden og at denne delen av kjeden forventes å ha et stort potensial for kostnadsreduksjon. Dette skyldes at områdene involverer flere FOAK-løsninger. Det er utfordringer med varmeveksling, støvhåndtering, gammelt sementanlegg og komplekse grunnforhold, som er mer detaljert beskrevet fra HM⁹. Slike faktorer medfører høy usikkerhet, men gir også et stort potensial for læring og utvikling over tid.

Transportskip er vurdert som gult, som indikerer at teknologien i segmentet har noe potensiale for kostnadsreduksjon. Skipene til Northern Lights er bygget som «dual purpose» skip som innebærer at de tilfredsstiller klassekrav til både å kunne frakte CO₂ og LPG. Det kan forventes at skip som kun bygges for CO₂ transport vil kunne ha kostnadsbesparende løsninger.

NLs mottaksterminal samt permanent lager er også vurdert som gult, som indikerer middels modenhet og antagelig mindre rom for kostnadsreduksjoner. Selv om enkelte elementer fortsatt

krever spesialtilpasning, finnes erfaring fra lagerprosjekter som Snøhvit og Sleipner som kan bidra til å redusere risikoen og å støtte videreutvikling.

Modenhet i leverandørmarked: Er det et fungerende leverandørmarked?

Leverandørmarkedet for fangst, kompresjon og mellomlagring ser ut til å ha størst potensial for kostnadsreduksjon. Dette er sett i lys av at det er begrenset antall aktører og forholdsvis omfattende bruk av FOAK-løsninger som kan skape usikkerhet knyttet til skalerbarhet og kostnadseffektivitet.

Integrasjon er vurdert som gult, og indikerer et middels fungerende marked. Selv om det finnes flere leverandører, er det utfordringer knyttet til komplekse grensesnitt mellom aktørene. Dette kan føre til forsinkelser og økte kostnader. Likevel finnes det etablerte aktører som kan bidra til utvikling og konkurranse. Permanent lager har også utfordringer knyttet til komplekse grensesnitt, samtidig med at etablerte aktører kan bidra til utvikling og konkurranse.

Skipstransport har et veletablert internasjonalt marked med flere tilbydere og konkurransedyktige løsninger. Dette reduserer risikoen og gir lavere kostnader. NLs mottaksterminal har tilgjengelige og kommersielt utviklede løsninger, og er også vurdert som grønt.

CCS-tilpasset bestillerkompetanse: Har bestiller relevant erfaring ved inngåelse av kontrakt?

Det kan se ut som det kan være et godt potensial for kostnadsreduksjoner ved å øke bestillerkompetansen hos utslippsaktør i forkant av inngåelse av kontraktene for fangst, kompresjon og mellomlagring. Her hadde HM begrenset kunnskap som bestiller av et fullskala fangstanlegg. Fokus lå på teknisk ytelse basert på erfaring fra pilotanlegget. Det ble i liten grad tatt hensyn til hva et fullskala prosjekt innebærer med tanke på omfang, standarder, gjennomføringsmetodikk fra leverandøren og endringsregime.

Når det gjelder integrasjonsarbeidet hadde HM god kjennskap og erfaring med å bestille fra leverandørene. Årsaken til gul markering er at HM undervurderte størrelse og kompleksitet i totalprosjektet, som innebar at de ulike leverandørene/arbeidspakkene måtte samspille i et stort prosjekt. Øygarden mottaksterminal er også vurdert som gult til tross for at NLJV ved Equinor, er en erfaren bestiller til store prosjekter, dog tok de ikke tilstrekkelig hensyn til at leverandørene manglet erfaring med CO₂-anlegg.

Transportskip er vurdert som grønt, siden NLJV (Shell) benyttet standard anskaffelsesmetodikk og tok høyde for flere potensielle kostnadsdrivende elementer, for eksempel valutasikring. For lager er det ikke identifisert stort potensiale for kostnadsreducerende effekter da NLJV (Equinor) har solid bestillerkompetanse innen dette feltet.

Egnet kontraktsmodell: Har kontrakten klare og relevante spesifikasjoner samt balanserte kontraktsvilkår med insentiv til kostnadseffektive løsninger?

Det er moderate utfordringer knytte til kontraktene for integrasjon samt fangst, kompresjon og mellomlagring. Dette skyldes at kontraktene ofte er basert på offshore-spesifikasjoner, som kan være unødvendig detaljerte og dermed øke kostnadene. Begrenset innsikt og mange FOAK-løsninger kompliserer arbeidet med å sikre kostnadseffektivitet. Prosjektet er definert som brownfield, som betyr at det forventes et omfattende arbeid på eksisterende anlegg. Dette gir komplekse grensesnitt, som i kombinasjon med manglende spesifikasjonskrav fra HM, gjør det

utfordrende å oppnå kostnadsbesparelser. Brownfield-prosjekter kan ha flere uforutsette utfordringer sammenlignet med greenfield-prosjekter, som bygges fra bunnen av. Dette øker risikoen i prosjektet siden det er vanskeligere å forutsi og håndtere ulike utfordringer i eksisterende strukturer.

Kontraktsutformingen knyttet til transportskip, NLs mottaksterminal samt permanent lager ser ut til å ha lavt potensiale for kostnadsreduksjoner. Skipstransport er sikret gjennom fastpriskontrakter som beskytter mot prisendringer på materialer som stål, og valutasvingninger. Dette reduserer kostnadsrisikoen. Lageret er også godt sikret kontraktsmessig – til tross for utfordringer som tunnelras, som ga økte investeringskostnader. Disse utfordringene er håndtert effektivt gjennom gode kontrakter.

Reguleringsmodenhet: Skaper dagens reguleringer og rammeverk uønskede kostnader i kjeden?

Analysen av reguleringer og rammeverk i CO₂-verdikjeden, viser at lageret står overfor de største utfordringene med hensyn til uønskede kostnader. Det er flere kritiske usikkerheter knyttet til langsiktig ansvar for overvåkning og lekkasjehåndtering, og hvordan dette konkret skal defineres og fordeles.

Områdene integrasjon, fangst, kondisjonering og mellomlagring har moderate kostnadsutfordringer, på grunn av reguleringer som kan gi unødvendige kostnadsøkninger. Dette kan skyldes at leverandører har etablert standarder basert på offshore-reguleringer, men som ikke nødvendigvis er et krav. Et annet element som krever fokus ved implementering av CO₂-fangstanlegg i eksisterende fabrikker, er modifikasjoner av eksisterende utstyr. Dette kan utløse behov for endringer i lys av dagens krav. Hos Brevik CCS er et eksempel at eksisterende vindlastberegninger med til hørende krav, ga økte kostnader på et eksisterende kjøletårn, som måtte modifiseres.

Skipstransporten og mottaksterminalen på Øygarden har også moderate utfordringer, ettersom de fleste reguleringer allerede er dekket. Det er likevel behov for mer spesifikke krav knyttet til CO₂-håndtering. Imidlertid vurderes disse kostnadsutfordringene som moderate sammenlignet med lageret. Et eksempel er CO₂-tankene som er utstyrt med lynavledere. Dette er standard for oljetanker på grunn av eksplosjonsfare ved antennebare væsker. CO₂ fungerer mer som et brannslukningsmiddel, og slike tiltak er unødvendige. Dette fører til unødvendige kostnader, uten å bidra til økt sikkerhet.

CCS-tilpasset industripraksis: Benyttes det egnede standarder og industripraksis for CCS verdikjeden?

Analysen av hvilke standarder og etablert industripraksis som er benyttet i Langskip, viser store variasjoner. For fangstanlegget samt ved mottaksterminalen ved Øygarden, kan det se ut til å være et stort potensial for kostnadsreduksjon. Hovedleverandøren har benyttet metodikk og standarder fra offshore olje og gass. Dette gir løsninger og materialvalg som kan fremstå unødvendig påkostet i forhold til behovene i landbasert industri. I kunnskapsdelingen fra NL er det formidlet flere eksempler på områder og løsninger med kostnadsreduserende potensiale.

Permanent geologiske lager benytter etablerte offshore- og subseastandarder. Selv om dette er kostbare løsninger, er det sannsynligvis nærmere nødvendig standard for CCS. Helt nye løsninger og standarder for CCS-tilpassede injeksjonsbrønner kan gi noen kostnadsreduksjoner.

For arbeidet som er utført for Brevik CCS, er det i stor grad benyttet landbasert industriell praksis av leverandørene, og ansees for å ha lavt potensiale for kostnadsreduksjon. Flere er lokale entreprenører som kjenner og er vant til å levere, til landbasert industri. For skip er det benyttet maritim standard i henhold til klassekrav. CO₂-tankene er de eneste store komponentene som er nye i forhold til etablerte standarder. Det vurderes likevel ikke at det er stort potensiale for kostnadsreduksjon knyttet til skip.

Skaleringseffekt: Er det en storskalafordeel med større volum i hvert element i kjeden?

I analysen av skaleringseffekt er hvert kostnadsdrivererelement i Langskip-verdikjeden vurdert i forhold til elementets potensiale for å kunne håndtere et større volum. Det er ikke vurdert om hvert element i hele verdikjeden skal håndtere samme volum.

Etableringskostnadene for det geologiske lageret i Langskip forventes å ha størst potensiale for store kostnadsreduksjoner per tonn CO₂ lagret, når totalt lagret volum av CO₂ øker.

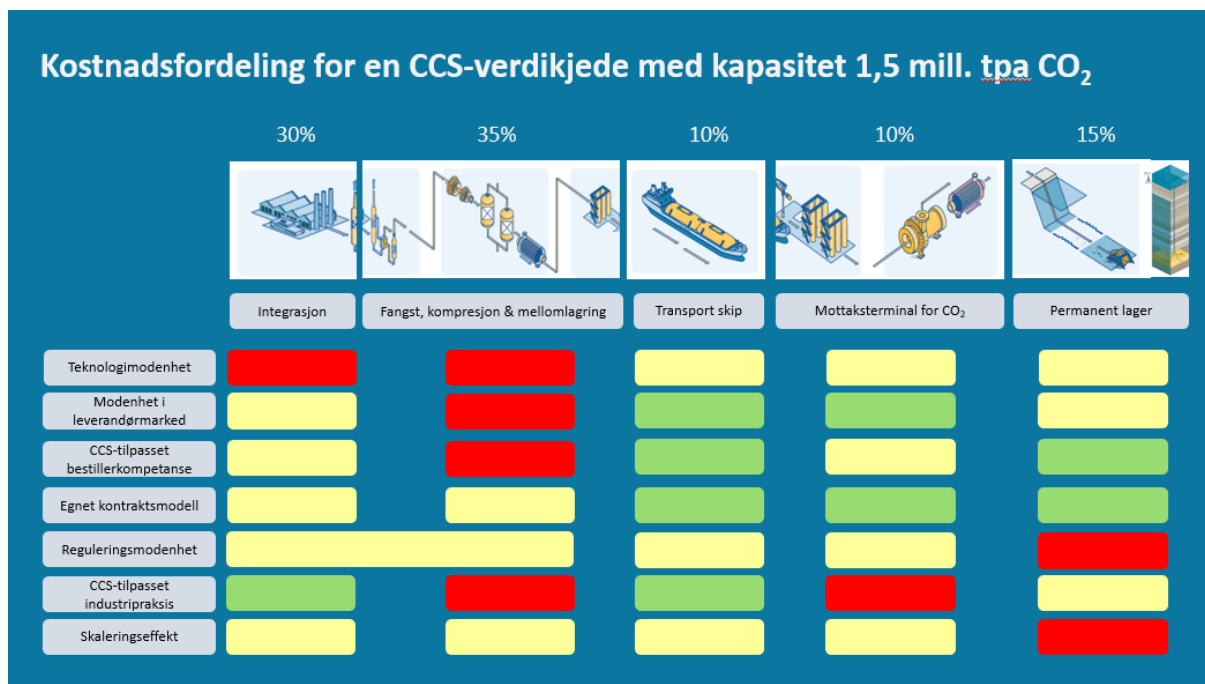
Rørledningskapasiteten fra Øygarden til lageret er på 5 mill. tpa CO₂. Det er lagt opp til å utnytte dette kapasitetspotensialet når flere kunder skal levere CO₂ til lageret.

Det estimeres et middels potensiale for kostnadsreduksjon per tonn for de fire elementene integrasjon, fangst, transport og mottaksterminal. Når dagens fangstanlegg blir satt i drift, vil driftsorganisasjonen etter hvert bli kjent med anlegget, og det forventes at ulike flaskehalser blir tydelige. Dette kan danne utgangspunkt for endringer hvis HM ønsker å fange mer CO₂ fra sitt eget utslipp senere. Noe av infrastruktur og grunnarbeider kan mest sannsynlig utnyttes uten nevneverdige tilleggskostnader. Det planlegges å transportere CO₂ med skip som utnytter drøyt 70 % av kapasiteten. Her er det mulighet for plass til ytterligere volum fra HM. Forbedret samordning med andre kunder kan også gi bedre utnyttelse av logistikk-kjeden. Mottaksterminal og rørledning til permanent lager har utvidelsesmuligheter, og økning i kapasiteten kan gjennomføres og de innledende investeringene vil da kunne utnyttes bedre.

5. Potensiale for kostnadsreduksjoner i CCS-verdikjeden

Analyser fra Langskip viser et betydelig potensial for kostnadsreduksjon i den videre utbyggingen av CCS-anlegg.

Forventede overordnede investeringskostnader er fordelt prosentvis mellom de fem hovedelementene i en massebalansert CCS-verdikjede i Figur 7. I en slik kjede forventes det at godt over halvparten av investeringene vil gå med til å bygge ut anleggene for fangst, kompresjon og mellomlagring, samt integrasjon med utslippskildene.



Figur 7: Potensiale for kostnadsreduksjoner i CCS-verdikjede med kapasitet 1,5 mill. tpa CO₂.

Fordeling av investeringskostnader over CCS-verdikjeden

CO₂-fangst, kompresjon og mellomlagring samt integrasjon til utslippskildene utgjør en stor del av investeringskostnadene i en massebalansert CCS-verdikjede som er vist i Figur 7.

Sannsynligvis er det disse delene av CCS-kjeden som vil ha stor kopieffekt for nye prosjekter.

Her er det et stort potensial for å avdekke kostnadsreducerende tiltak som andre kan dra nytte av. Dette er også den delen av CCS-verdikjeden som fikk flest røde markeringer i ulike tematiske delene av trafikklysanalysen.

Mottaksterminalen og det permanente lageret forventes å kunne utgjøre om lag en fjerdedel av kostnadene i en massebalansert CCS-verdikjede. Denne delen har også et potensial for kostnadsreduksjon i nye prosjekter. I sin natur vil det ikke være like mange CO₂-terminaler/lager som fangstanlegg, og antall aktører som kan dra nytte av erfaringene, er noe færre. Det anbefales å ha en mer målrettet dialog med aktuelle prosjekter som kan ha nytte av erfaringer fra Langskip.

Kvalitativ vurdering av kostnadsdriverne

Teknologimodenhet fikk flest tilslag av høyt og medium potensial i trafikklysanalysen over. CCS-verdikjeden er preget av mange FOAK-løsninger, og valg av teknologiske løsninger vil ha stort potensial for å redusere kostnader. Dette gjelder også premiss for integrasjonsløsning mellom utslippskilde og valg av fangstteknologi.

Reguleringsmodenhet fikk ingen grønne lys i analysen, og området vurderes fortsatt som umodent i et CCS-perspektiv. Erfaringer fra Langskip vil bidra til flere kostnadsreducerende og CCS-tilpassede reguleringer, med tilhørende veiledere og fortolkninger.

CCS-tilpasset industripraksis fikk rødt lys i trafikklysanalysen, både for selve fangstprosessen og på mottaksterminalen. Disse delene, som til sammen kan utgjøre nær halvparten av kostnadene i verdikjeden, forventes å ha et stort potensial for kostnadsreduksjoner. Industripraksis har god kobling både mot teknologi og reguleringer. Langskipaktørenes læringsrapporter er verdifulle kilder til å utløse dette potensialet.

6. Konklusjon

Kostnadsreduksjoner er avgjørende for at CCS-teknologien skal bidra vesentlig i kutt av globale karbonutslipp. På dette området bidrar Langskip med verdifull innsikt.

Gassnovas analyser viser at leverandørmarkedet for fangstprosessen må styrkes med kunnskap om CCS-tilpasset praksis og standarder fra landbasert industri, som kan bidra med mer kostnadseffektive løsninger. Samtidig må bestillerkompetansen hos utslippseier bli bedre tilpasset CO₂-håndteringsteknologi. Det er også mulighet for kostnadsreduksjoner på mottaksterminalene ved å utnytte erfaringer fra landbasert utbyggingskultur og industripraksis bedre, samt tilpasset CCS-regelverk. For det permanente CO₂-lageret offshore er det viktig å etablere regelverk som tydeliggjør ansvarsforholdene for lagrede volumer.

Kapasitetsskalering opp til 1,5 mill. tpa CO₂ over hele verdikjeden, viser at fangstprosessene her tar størst andel av investeringskostnadene. Dette viser at utvikling av teknologimodenhet for fangstanlegg bør prioriteres, sammen med premissene for kobling mot utslippskilden.

Oppsummert synliggjør denne rapporten «Basert på Langskip: Potensiale for kostnadsreduksjoner i CCS-kjeden» de mest sentrale kostnadsdriverne for CCS-verdikjeden per november 2024. Det er forventet at flere av områdene i denne rapporten blir gjenstand for mer inngående analyser fremover.

7. Forkortelser og definisjoner

Brevik CCS	Heidelberg Materials CO ₂ -fangst prosjekt fra sementproduksjonsanlegget i Brevik
Brownfield	Et eksisterende industriområde eller -anlegg som oppgraderes eller ombygges, i motsetning til å bygge nytt på et jomfruelig område (greenfield)
CCS	Karbonfangst og -lagring (Carbon Capture and Storage) – prosess for å fange, transportere og lagre CO ₂ permanent under jorden for å redusere utslipp
ED	Energidepartementet – Regjeringsdepartementet som har ansvar for energipolitikk, inkludert prosjekter relatert til fornybar energi og karbonfangst
FEED	Front-End Engineering Design – En studie som gjennomføres tidlig i et prosjekt for å fastsette tekniske løsninger og kostnadsestimat før detaljert prosjektering
FOAK	First-of-a-kind – Betegnelse på den første implementeringen av en ny teknologi eller løsning, som ofte medfører større usikkerhet og høyere risiko
Greenfield	Et nytt prosjekt eller anlegg som bygges fra grunnen av på et jomfruelig område uten tidligere utvikling eller eksisterende infrastruktur, i motsetning til et brownfield-prosjekt som bygger videre på eksisterende fasiliteter
HM	Heidelberg Materials – Et globalt selskap som produserer byggematerialer, inkludert sement, og er involvert i karbonfangst og -lagring
KS2	Kvalitetssikring av styringsunderlag samt kostnadsanslag – En ekstern kvalitetssikring som gjennomføres for store statlige investeringsprosjekter før endelig beslutning om gjennomføring
LNG	Liquefied Natural Gas (Flytende naturgass)
NL	Northern Lights – Et CO ₂ -lagringsprosjekt under Langskip, som transporterer, mellomlagrer og lagrer fanget CO ₂ permanent under havbunnen i Nordsjøen.
NL JV	Northern Lights Joint Venture - Northern Lights-prosjektet eies og drives av selskapene Equinor, Shell og TotalEnergies i samarbeid
Oslo CCS	Hafslund Celcios CO ₂ -fangst prosjekt fra avfallsforbrenningsanlegget på Klemetsrud
CCS-ordliste	Se også denne siden for flere CCS-relaterte ord og uttrykk

Gassnova SF
Dokkvegen 11
NO-3920 Porsgrunn
Norway

gassnova.no

