

KS1 kvalitetssikring

CO₂ -fangst, -transport og -lagring
fra gasskraftverket på Kårstø

Dato: 19.04.2010

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver: Olje- og energidepartementet, Finansdepartementet
Oppdrag: KS1, CO₂ -fangst, -transport og -lagring fra gasskraftverket på Kårstø
Oppdragsbeskrivelse: KS1 kvalitetssikring
Oppdragsleder: Jon Østensvig

Utarbeidet av: Terramar og Asplan Viak

Terramar AS www.terramar.no
Asplan Viak AS www.asplanviak.no

SAMMENDRAG

Terramar og Asplan Viak har på oppdrag fra Finansdepartementet og Olje- og Energidepartementet gjennomført en kvalitetssikring av beslutningsgrunnlaget for konseptvalg ved fullført forstudie for fangst, transport og lagring av CO₂ fra Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø (Kårstø CCS).

Formålet med denne kvalitetssikringen (KS1) er å sikre at konseptvalget undergis reell politisk styring. Ordningen med KS1 er etablert for å hindre at den initielle planleggingen av et tiltak konsentreres om en detaljering av ett bestemt alternativ, før det er godtgjort at dette alternativet best ivaretar behovet som ligger til grunn for forslag om investering.

Vår fremgangsmåte i dette oppdraget avviker på enkelte områder fra standard KS1-metodikk. Årsaken til dette er at det i den konseptvalgutredning (KVU) som er kvalitetssikret ikke er utredet flere ulike konsepter, men kun varianter av ett konsept. Det er derfor ikke gjennomført en komplett samfunnsøkonomisk alternativanalyse, men konseptvalg-utredningens behovsanalyse, overordnede strategidokument og kravdokument er vurdert iht. foreliggende retningslinjer. Videre har vi valgt ut ett konseptalternativ fra KVU som drøftes og vurderes i forhold til et nullalternativ (utsettelsesalternativ). I tillegg har vi gjort en vurdering av det foreslåtte tiltaket opp mot mulige alternative tiltak for å møte de aktuelle behovene.

Behovsanalysen

To tiltaksutløsende samfunnsbehov kan utledes av behovsanalysen. Det første er behovet for reduksjon av CO₂-utslipp for å begrense globale klimaendringer. Det andre er behovet for modning av en teknologisk løsning for CO₂-håndtering.

Vi vurderer begge de to samfunnsbehovene som godt forankret i fagrapporter og i internasjonale og nasjonale politikkdokumenter.

En hovedinnvending mot behovsanalysen, og konseptvalgutredningen for øvrig, er at man etter å ha beskrevet behovene går rett på en vurdering av om det konkrete tiltaket på Kårstø er relevant i forhold til disse. I stedet burde CO₂-håndtering på Kårstø vært vurdert opp mot alternative konsepter for å møte behovene. Følgelig mener vi at det i konseptvalgutredningen ikke er gjort tilfredsstillende rede for at det foreslåtte tiltaket ivaretar det todelt samfunnsbehovet.

Overordnet strategidokument

Samfunns mål

Vi mener konseptvalgutredningen ikke sannsynliggjør hvordan det valgte samfunns målet vil kunne ivareta de to behovene som er definert. Samfunns målets første del om "å redusere CO₂-utslipp fra gasskraftverket på Kårstø", er ikke et hensiktsmessig samfunns mål, ettersom reduksjon av CO₂-utslipp på Kårstø ikke er bedre for klimaet enn reduksjoner andre steder. Denne delen av samfunns målet har karakter av et middel for å oppnå et mål og bærer preg av at tiltaket er definert først, og deretter plassert inn i en behovsmessig sammenheng.

I praksis begrenser denne målformuleringen konseptvalget til kun å omfatte varianter av ett konsept. Vi mener denne delen av samfunnsmålet ikke kan utledes av behovene og følgelig ikke er konsistent med behovsanalysen. Også samfunnsmålets andre del om ”å modne en teknologisk løsning for fangst, transport og lagring med betydning for å begrense det globale CO₂-utslippet” begrenses av samfunnsmålets første del. Altså forhindres et reelt konseptvalg for modning av teknologiske løsninger for CO₂-håndtering, da man er låst til tiltaket knyttet til Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø.

Vi mener samfunnsmålet er ugyldig ettersom det ikke oppfyller kravene til et samfunns mål. I et konseptvalg kan man ikke på forhånd ha bestemt seg for tiltaket, men må sammenligne et foreslått tiltak med alternative konsepter for å møte behovene. For å møte den manglende vurdering mot alternative konsepter, drøfter vi i Del II av denne rapporten på alternative tiltak for å møte de to behovene som er beskrevet i behovsanalysen.

Effektmål

Effektmålene er tydelige og enkle å forstå, og det er ikke indre motsetninger mellom dem. De må imidlertid til dels sies å være lite konkrete, og således lite etterprøvbare.

Effektmålene 1 og 2 er nært knyttet til ”primærtiltaket” på Kårstø. Om man ser bort fra kritikken av at et samfunns mål ikke kan være knyttet til et konkret tiltak, vil begge bidra til å oppfylle hver sin del av samfunns målet.

Innfasing

Om Gassnova skal gjennomføre tiltaket innenfor en av de aktuelle tidsambisjonene, vil det kunne bli helt eller delvis i parallell med Mongstad fullskala CCS. Å gjennomføre to prosjekter av dette omfang innenfor samme tidsrom antas å ville medføre betydelige utfordringer med hensyn til tilgang på knappe ressurser med den nødvendige kompetansen.

Overordnet kravdokument

Kravene fremstår som relevante i forhold til, og konsistente med samfunns mål og effektmålene som er angitt i konseptvalgutredningen. Kravene er etablert på overordnet nivå. Dokumentet viser slik sett en konsistent prioritering og robusthet i dataene på et overordnet nivå fremfor teknisk løsningsorientering og detaljering. Det bør derimot skilles bedre mellom ”skal- krav” (kan diskvalifisere konseptalternativer) og ”bør-krav” (rangerer konseptalternativer).

Alternativanalyse

Som nevnt foreligger det i konseptvalgutredningen ikke noe alternativt konsept til det foreslåtte tiltaket, kun ulike varianter av ett og samme konsept. Vi har derfor gjennomført en analyse begrenset til én variant av det foreslåtte tiltaket, samt nullalternativet (utsettelse av CCS).

Konseptvalgutredningen nevner en mulighet for at Naturkrafts gasskraftverk vil kunne integreres med gassprosesseringsanlegget på Kårstø, noe som evt. vil påvirke gasskraftverkets driftsmønster. Dette utredes nå av andre, og det anses som usikkert om en slik løsning vil bli realisert. Vår analyse forholder seg derfor ikke til denne muligheten, men er basert på at Naturkrafts gasskraftverk vil forbli en selvstendig enhet slik det er i dag.

Det er stor usikkerhet knyttet til nullalternativet ettersom driftsprofilen for gasskraftverket bestemmes av tre faktorer som alle er usikre; strømpris, gasspris og kvotepris. Vi har i vårt arbeid ikke hatt tilgang til informasjon som gir grunnlag for andre antakelser enn det som er anført i konseptvalgutredningen.

Forskjellene mellom alternativene i konseptvalgutredningen mht samfunnsøkonomisk nytte er små, og vi har valgt ett av disse til vår analyse. Dette er tidsambisjon 2015 med aminbasert fangst, transport av CO₂ gjennom 12" rør og lagring i Utsira Sør gjennom injeksjon under havbunnen.

Kvantitativ analyse

Den samfunnsøkonomiske analysen viser en forventet nåverdi på ca -21 mrd. kr. I analysen er det bare inkludert direkte, monetære verdier, som er totalt dominert av kostnadssiden.

Basiskalkylene som foreligger er etablert i en tidlig prosjektfase, og basert på ulike kilder og estimeringsprinsipper. I konseptvalgutredningen er det i stor grad benyttet +/- 30 % estimatusikkerhet, og dette er også det største spennet som benyttes. Etter vår vurdering, basert på erfaring med tilsvarende store og komplekse prosjekter, er oppsiden med muligheten for -30 % på kostnadssiden altfor optimistisk.

Det totale prosjektet Kårstø CCS er svært stort. Prosjekter av en slik størrelse har ofte vært kjennetegnet ved store kostnadsoverskridelser. Sentrale forklaringer her er gjerne knyttet til at det store omfanget skaper helt særegne styrings- og koordineringsproblemer og at størrelsen og kompleksiteten medfører mye endringsarbeid.

Markedsusikkerheten er generelt stor for prosjekter som skal realiseres flere år fram i tid. Både generelle konjunktursvingninger og spesielle leverandørmarkeder kan til sammen medføre prisvariasjoner på tosifret prosentnivå. Denne usikkerheten er ikke reflektert i konseptvalgutredningen.

I de senere årene har det i forbindelse med usikkerhetsvurderinger av store, komplekse prosjekter blitt referert til såkalte 'svarte svaner'. Dette er hendelser som ligger utenfor vanlige forventninger (erfaringer) og som kan ha store konsekvenser. I et prosjekt som Kårstø CCS er det ikke usannsynlig at det kan inntreffe uønskede hendelser av denne type.

Videre er det stor usikkerhet knyttet til teknologiske og regulatoriske avklaringer for lagring og reservoar, eventuell kommersialisering av CO₂-lagring og kvotepriser for CO₂. Det totale usikkerhetsbildet i foreliggende prosjekt er altså svært sammensatt og komplekst. Etter kvalitetssikrers oppfatning er det ikke hensiktsmessig å forsøke å favne den fulle usikkerheten i en kvantitativ analyse. Usikkerheten i forutsetninger og inngangsparametre er svært stor, og en kvantifisering av alle usikkerheter ville i stor grad måtte bli spekulativ.

Den totale usikkerheten må således antas å være større enn de analyseresultatene som er presentert. Etter vår oppfatning, er det vanskelig å se at resulterende verdi på samfunnsøkonomisk nåverdi vil kunne avvike mye i positiv retning fra beregnet forventningsverdi på -21 mrd kroner. Usikkerheten vil heller trekke i negativ retning og kan være betydelig i enkelte 'worst case'-scenarier.

Totalt sett peker dette på at usikkerheten i kostnadene ved foreliggende prosjekt er betydelig større enn det som er presentert i konseptvalgutredningen.

Ikke-kvantifiserbare effekter

Det kan være betydelige ikke-tallfestede virkninger knyttet til tiltaket Kårstø CCS. Noen er relativt entydig positive, andre er klart negative, mens noen effekter kan slå begge veier.

Innovasjons- og næringsutviklingspotensialet i større utbyggingsprosjekter kan være betydelig. Man må forvente at et tiltak av en størrelse som Kårstø CCS vil kunne ha stor betydning for nasjonale leverandører med kompetanse knyttet til etablering av store industrielle anlegg. Også når det gjelder utvikling av leverandører av CO₂-fangstteknologi, vil tiltaket kunne ha effekt, om enn primært for den ene leverandøren som måtte få kontrakten, norsk eller utenlandsk.

Når det gjelder miljø- og helseeffekter knyttet til restutslipp fra CO₂-fangstanlegg basert på aminer er det nå flere forskningsprosjekter i gang som studerer nedbrytning av aminer i møte med lys og luft. Blant annet er et slikt forskningsprosjekt gjennomført i Valencia i Spania sommeren 2009. Foreløpige resultater fra denne forskningen tyder på at det fortsatt ikke kan gis et klart svar omkring naturlig nedbrytning i naturen av de potensielt skadelige stoffene.

Den mulige signaleffekten som ligger i å gjennomføre et pionérprosjekt innen fullskala CO₂-håndtering kan bli positiv dersom prosjektet blir vellykket. Faren er at man kan få en negativ signaleffekt hvis det oppstår store problemer med prosjektet eller dersom kostnadene pr tonn unngått CO₂-utslipp skulle bli ekstremt høye. Ved ikke å gå veien om storskala testing av fangstanlegg (som ved teknologisenteret på Mongstad), øker faren for alvorlige problemer både i teknologiintegrasjonen og ved driftssetting. Den usikre driftsprofilen ved gasskraftverket øker på sin side faren for svært høye kostnader pr tonn unngått CO₂-utslipp.

De fleste av de positive effektene mht. teknologiutvikling som kan anføres for Kårstø CCS blir mindre viktige når man tar i betraktning at det finnes andre tiltak som kan utløse de samme effektene, sågar på en bedre måte. Det som allerede er i ferd med å bli gjennomført på Mongstad bidrar til å svekke betydningen av de positive effektene man kan knytte til Kårstø CCS. Teknologisenteret på Mongstad (TCM) er allerede under bygging og forventes å være operativt i 2012. Investeringsbeslutning om Mongstad fullskala CCS med CO₂-håndtering fra kraftvarmeverket Energiverk Mongstad er planlagt til 2012.

DEL II

Alternative klimatiltak

Hvilken betydning har det foreslåtte tiltaket mht. behovet for reduksjon av globale utslipp av klimagasser? Spørsmålet er med andre ord hvor godt Kårstø CCS er som klimatiltak sammenlignet med alternative tiltak for reduksjon av CO₂-utslipp.

Hovedproblemet med dagens økonomiske virkemidler (kvoter og avgifter), i forhold til de nasjonale klimamålene, er at dagens kvotepriser for CO₂ ikke er høye nok til å nå klimamålene. Bedriftene oppfatter dessuten de framtidige kvoteprisene som for usikre til å utløse store investeringsprosjekter med klimagevinster. Utslippskildene behandles også forskjellig. For eksempel er ikke prosessindustrien pålagt verken CO₂-avgifter eller kvotebegrensninger. Med utgangspunkt i dagens kostnadsbilde og forventede kraft-, gass-

og karbonpriser synes ikke CO₂-håndtering foreløpig å være et kostnadseffektivt bidrag til å redusere de globale klimautslippene.

CO₂-håndtering ved gasskraftverket på Kårstø er et svært kostnadskrevende klimatiltak, både målt mot marginale internasjonale tiltak, gitt ved kvoteprisen, og mot alternative innenlandske tiltak. De beregnede tiltakskostnadene pr. tonn netto reduksjon av CO₂-utslipp fra gasskraftverket ligger på omkring 2000 kr, og er betydelig høyere enn andre relevante klimatiltak som Klima- og forurensningsdirektoratet har analysert. Erstatning av oljefyring med fornybare energikilder i industri, bygg og boliger er eksempler på tiltak med kostnader pr. tonn unngått CO₂-utslipp på mindre enn en tidel av kostnadene fra CO₂-håndtering ved gasskraftverket. Etter hvert som årene går øker også renskostnadene (på annuitetsbasis) pr. tonn ettersom gjenstående levetid på anlegget avtar.

Alternative tiltak for modning av en teknologisk løsning for CO₂-håndtering

Som allerede antydnet er det et avgjørende problem med Kårstø-prosjektet at man startet med et konkret tiltak på en konkret lokasjon fremfor å klargjøre sine målsettinger og deretter kartlegge de mest effektive tiltakene.

Når det gjelder behovet for utvikling og modning av teknologier for CO₂-håndtering er det viktig å skille mellom to ulike aspekter, nemlig detaljer i enkeltteknologier (som mer energieffektive fangstteknologier) og integrasjon av teknologielementer. Det siste kan relatere seg både til integrasjon mellom stadier i kjeden fra fangst til lagring, og også til integrasjon av enkeltelementer for eksempel i et fangstanlegg. Både Kårstø CCS og prosjektene på Mongstad dreier seg primært om integrasjon av teknologielementer, men kan på lang sikt ha relevans også mht. utvikling av helt nye teknologier.

Det foreslåtte tiltaket på Kårstø omfatter CO₂-håndtering fra et gasskraftverk i Norge. Samtidig vet vi at de store punktutslippene av CO₂ befinner seg helt andre steder i verden. Norges relevans på området kan altså ikke primært være som marked, men som teknologiutvikler. Samtidig er en høy andel av punktutslippene av CO₂ knyttet til kullkraftverk eller industrielle prosesser som produksjon av gjødsel eller sement. Eksosgass fra slike anlegg har høyere CO₂-konsentrasjon og er derfor mer kostnadseffektive å rense enn gasskraft.

Vi mener på denne bakgrunn at det foreslåtte tiltaket kan være for snevert i sin tilnærming til teknologimodning ved kun å fokusere på gasskraft. Det foreligger ingen helhetlig drøfting av hvorfor gasskraft eventuelt skulle være riktig satsningsområde for fullskala CCS i Norge. Vi mener dessuten at Kårstø-prosjektet "hopper over" et nødvendig steg i utviklingsprosessen med storskala uttesting av fangstanlegg (ref teknologisenteret på Mongstad - TCM). Gjennom først å vinne driftserfaring fra TCM vil man kunne redusere gjennomføringsrisiko og risiko for kostnadssprekk ved implementering av et fullskala anlegg.

I lys av det som skjer på Mongstad fremstår marginalnyttens selv ved et vellykket Kårstø-prosjektet som begrenset. Vi kan ikke se at CO₂-håndtering ved gasskraftverket på Kårstø er et godt alternativ for å modne teknologier for CO₂-håndtering. Ut fra en slik målsetning er Mongstad-prosjektet langt bedre, ettersom det som følge av testingen ved TCM har en bredere global relevans, en bedre innretning mht. læring og teknologiutvikling og lavere risiko knyttet til kostnader og gjennomføring.

Vi mener man bør konsentrere seg om og få best mulig driftserfaring fra teknologisenteret på Mongstad før man beslutter hvilket fullskala CCS-anlegg som først skal bygges i Norge.

Samfunnsøkonomisk helhetsvurdering

Vår kvalitetssikring har omfattet vurderinger av både de kostnader og inntekter som det kan tallfestes, og de positive og negative effektene av tiltaket som ikke kan tallfestes. I en samfunnsøkonomisk helhetsvurdering må tallfestede kostnader med tilhørende usikkerheter holdes opp mot en skjønsmessig vurdering av tiltakets mulige nytteeffekter.

Nå er det ikke vår rolle som kvalitetssikrer å utøve politisk skjønn og konkludere med om tiltaket bør videreføres eller ikke. Derimot er det vår oppgave å utøve et samfunnsøkonomisk skjønn og konkludere omkring samfunnsøkonomien i tiltaket.

Med en negativ nåverdi på ca 21 mrd kr er det åpenbart at vi snakker om et svært kostbart tiltak, og det er vår vurdering at den ikke-tallfestede nytte knyttet til tiltaket ikke kan endre bildet av Kårstø CCS som et tiltak med stor negativ samfunnsøkonomisk verdi.

Usikkerhetene knyttet til tiltaket er mange og betydelige. Faren for til dels store overskridelser vil være betydelig, mens sjansen for at økonomien i prosjektet kan bli bedre enn hva kalkylene tilsier er liten.

Også de ikke-tallfestede effektene er svært usikre og kan like gjerne bli negative som positive. De fleste av nytteeffektene er dessuten ikke unike for Kårstø, men vil langt på vei oppnås gjennom CO₂-prosjektene på Mongstad.

Alternative tiltak fremstår som bedre egnet enn Kårstø CCS både med hensyn til å redusere CO₂-utslipp og med hensyn til å modne teknologi for CO₂-håndtering.

INNHOLDSFORTEGNELSE

DEL I – KS1 KVALITETSSIKRING IHT FIN VEILEDER (KAPITTEL 1 – 6)

DEL II – ALTERNATIVE TILTAK (KAPITTEL 7 – 8)

VEDLEGG

1	Innledning	11
1.1	Bakgrunn.....	11
1.2	Om oppdraget	11
2	Gjennomføring av oppdraget.....	11
2.1	Dokument til kvalitetssikring	11
2.2	Tidsplan	12
2.3	Arbeidsform og uavhengighet.....	12
2.4	Bakgrunn for tilpasninger i fremgangsmåte	12
2.5	Tilpasninger i fremgangsmåte	13
3	Vurdering av konseptvalgutredningen	15
3.1	Behovsanalysen.....	15
3.2	Overordnet strategidokument	21
3.3	Overordnet kravdokument	25
4	Alternativanalyse	27
4.1	Innledning	27
4.2	Vurdering av foreliggende alternativanalyse.....	27
4.3	Drøfting av nullalternativet.....	28
4.4	Valg av alternativ for den videre analysen	29
4.5	Metode for den samfunnsøkonomiske analysen.....	30
5	Vurdering av kvantifiserbare effekter	32
5.1	Innledning	32
5.2	Generelt om analyser for valgt alternativ	32
5.3	Usikkerhetsanalyse investeringskostnader	34

5.4	Usikkerhetsanalyse driftskostnader	37
5.5	Kostnad per tonn CO ₂	38
5.6	Samfunnsøkonomisk analyse.....	38
5.7	Kommentarer til resultater	39
5.8	Realopsjoner	39
6	Vurdering av ikke-kvantifiserbare effekter.....	41
6.1	Innledning	41
6.2	Vurdering av ikke-prissatte nyttevirknninger	41
6.3	Vurdering av ikke-prissatte kostnader	45
7	Alternative klimatiltak.....	50
7.1	Innledning	50
7.2	Klimatiltak og kostnadseffektivitet.....	50
7.3	Globale utfordringer og nasjonale virkemidler i klimapolitikken.....	51
7.4	CO ₂ -håndtering fra gasskraftverk har høye tiltakskostnader	54
7.5	Kostnader ved CO ₂ -håndtering fra kullkraftverk.....	57
7.6	Kostnader ved CO ₂ -fangst fra gasskraftverk og industriutslipp	58
7.7	Oppsummering.....	59
8	Alternative tiltak for modning av en teknologisk løsning for CO ₂ -håndtering	61
8.1	Status for aktuelle teknologier	61
8.2	Behovet for modning av teknologier for CO ₂ -håndtering.....	63
8.3	Mulige tiltak for teknologimodning	65
8.4	CO ₂ -håndtering på Kårstø i forhold til behovet for teknologimodning.....	66
	VEDLEGG 1	69
	VEDLEGG 2.....	85
	Referanser	91

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I henhold til regelverket om økonomistyring i staten stilles det særskilte krav om ekstern kvalitetssikring for statlige investeringer over 500 mill kr. Første del av kvalitetssikringen kalles KS1 og omfatter kvalitetssikring av konseptvalget ved fullført forstudie. For prosjekter som har gått videre til forprosjektfasen skal kostnadsoverslag og styringsunderlag kvalitetssikres gjennom en KS2 før prosjektet fremmes for Stortinget.

Regjeringen har besluttet å utrede grunnlaget for ettermontering av et anlegg for fangst, transport og lagring av CO₂ fra Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø. I den forbindelse har man gjennomført en forstudiefase og besluttet å underkaste beslutningsgrunnlaget for konseptvalg ekstern kvalitetssikring i form av en KS1.

Formålet med KS1 er å sikre at konseptvalget undergis reell politisk styring, og i henhold til retningslinjene for KS1 pålegges fagdepartementet å utrede nullalternativet og minst to reelle alternative konsepter før Regjeringen avgjør om forprosjekteringen skal igangsettes. Ordningen er etablert for å hindre at den initielle planleggingen konsentreres om en detaljering av ett bestemt alternativ, før det er godtgjort at dette alternativet best ivaretar behovet som ligger til grunn for forslag om investering.

1.2 Om oppdraget

Terramar AS og Asplan Viak AS har på oppdrag fra Finansdepartementet (FIN) og Olje- og Energidepartementet (OED) utført kvalitetssikring (KS1) av konseptvalgutredningen (KVU) for CO₂-fangst, -transport og -lagring fra gasskraftverket på Kårstø.

Oppdraget er gjennomført i henhold til de krav som fremgår av rammeavtalen mellom FIN og Terramar / Asplan Viak / Promis om kvalitetssikring av store statlige investeringer (2005). Enkelte tilpasninger i fremgangsmåte er avtalt med FIN og OED, se 2.4 og 2.5.

I denne rapporten brukes begrepene CO₂-håndtering og CCS (Carbon Capture & Storage) om hverandre. Med begge begrepene menes fangst, transport, injeksjon og geologisk lagring av CO₂.

2 GJENNOMFØRING AV OPPDRAGET

2.1 Dokument til kvalitetssikring

Denne kvalitetssikringen omfatter følgende dokumenter:

Olje- og Energidepartementet: "Konseptvalgutredning for CO₂-fangst, -transport og -lagring fra gasskraftverket på Kårstø" (05.06.2009) med tilhørende kostnadsanalyse.

Utredningen er utført av PricewaterhouseCoopers (PwC) for OED. I vår rapport refereres disse dokumentene til som OEDs konseptvalgutredning eller bare konseptvalgutredningen (KVU).

Underlagsmateriale i form av et større antall rapporter, analyser og andre dokumenter brukt i utarbeidelsen av konseptvalgutredningen er også blitt gjort tilgjengelig for oss.

2.2 Tidsplan

Arbeidet med kvalitetssikringen har fulgt følgende tidsplan:

- 15.06.2009: Oppstartsmøte med FIN og OED samt andre involverte parter
- 22.06.2009: Møte med PwC for overlevering av underliggende dokumentasjon
- 03.07.2009: Avklaringsmøte med FIN og OED omkring gjennomføringen av KS1
- 07.07.2009: Notat fra Terramar og Asplan Viak til FIN og OED
- September – desember 2009: Intervjuer, analyser, vurderinger
- 15.01.2010: Presentasjon av våre vurderinger for FIN og OED
- 20.04.2010: Endelig KS1-rapport oversendt FIN og OED

2.3 Arbeidsform og uavhengighet

Kvalitetssikringen er gjennomført uten andre føringer fra oppdragsgiver enn rammeavtalen med FIN for gjennomføring av KS1, samt nødvendige tilpasninger i metode som beskrevet i kapittel 2.4 og 2.5.

De vurderinger og analyser som fremkommer i denne rapporten reflekterer oppfatningen til Terramar og Asplan Viak som uavhengige kvalitetssikrere. Våre vurderinger er basert på kunnskap hentet fra nasjonale og internasjonale rapporter og analyser, våre egne intervjuer med fagpersoner samt deltakelse på fagseminarer.

2.4 Bakgrunn for tilpasninger i fremgangsmåte

Vår fremgangsmåte i dette oppdraget avviker på enkelte områder fra standard KS1-metodikk. Årsakene til dette ligger i flere forhold ved konseptvalgutredningen. For det første finner vi en mangelfull sammenheng mellom behovsbeskrivelsen og det foreslåtte tiltaket. Derneft finner vi at første del av samfunnsålet ikke kan utledes av behovene. Til slutt finner vi at alternativanalysen i realiteten ikke omfatter alternative konsepter, men kun varianter av ett og samme konsept.

2.4.1 Mangelfull sammenheng mellom behov og tiltak

Det beskrives i konseptvalgutredningen et todelt behov; reduksjon av klimagassutslipp og modning av teknologi for CO₂-håndtering. Det gjøres derimot ingen analyse av om rensing av utslipp fra gasskraftverket på Kårstø er et tiltak som møter disse behovene bedre enn alternative tiltak. Det framstår som at man har valgt tiltaket først, og deretter plassert det i en behovsmessig sammenheng.

For mer om behovsanalysen, se kapittel 3.1.

2.4.2 Første del av samfunnsmålet kan ikke utledes av behovene

Samfunnsmålet slår fast at CO₂-utslipp skal reduseres nettopp fra gasskraftverket på Kårstø i tillegg til at man ønsker å modne aktuelle teknologier. Dette samfunnsmålet kan ikke utledes av behovene, og det har karakter av å være et middel for å nå et mål. Valget av samfunns mål innebærer også at konseptvalget i realiteten er gjort på forhånd.

For mer om samfunnsmålet, se kapittel 3.2.

2.4.3 Ingen alternative konsepter

Valget av samfunns mål slik det er angitt i konseptvalgutredningen fører til at det ikke er vurdert alternative konsepter for å ivareta samfunnsbehovet. I konseptvalgutredningen presenteres kun ulike varianter av ett tiltakskonsept; håndtering av CO₂ fra gasskraftverket på Kårstø. Mangelen på alternative tiltakskonsepter medfører at vi ikke kan gjennomføre en alternativanalyse etter normal KS1-prosedyre.

For mer om alternativanalysen, se kapittel 4.

2.5 Tilpasninger i fremgangsmåte

Etter avtale med FIN og OED er det besluttet å gjøre følgende tilpasninger i fremgangsmåten for denne kvalitetssikringen:

Det foretas en vurdering av konseptvalgutredningens behovsanalyse, overordnede strategidokument og kravdokument iht. FINs veileder. Det gjennomføres ikke en komplett KS1-prosess med utarbeidelse av en uavhengig samfunnsøkonomisk alternativanalyse. I stedet velges ett av de foreliggende alternativene for videre analyse. Det vil si én fangsteknologi, én tidsambisjon, én rørdiameter og én lagringslokasjon. Det valgte alternativet ("tiltaksalternativ") drøftes og vurderes i forhold til et nullalternativ (utsettelsesalternativ).

Det gjennomføres en usikkerhetsanalyse for innteksstrømmer samt investeringskostnader, drifts-, vedlikeholds- og oppgraderingskostnader knyttet til fangst, transport og lagring.

I tillegg gjøres en vurdering av det foreslåtte tiltaket opp mot alternative tiltak for å møte de aktuelle behovene. I praksis betyr dette en drøfting av tiltaksalternativet opp mot alternative klimatiltak og mot alternative tiltak for modning av en teknologisk løsning for CO₂-håndtering. Ettersom denne drøftingen avviker fra normal KS1-metode, har vi valgt å plassere det i Del II av denne rapporten, som kapittel 7 og 8.

Det gjøres en sammenstilt vurdering av CO₂-håndtering fra gasskraftverket på Kårstø. Vi har valgt å plassere denne i sammendraget.

Det er i konseptvalgutredningen nevnt at Naturkrafts gasskraftverk eventuelt vil kunne integreres med gassprosesseringsanlegget på Kårstø, noe som vil kunne påvirke gasskraftverkets driftsmønster. Dette alternativet er under utredning av andre. Det antas å være usikkert om dette vil bli en realitet. Vi har derfor i vår analyse ikke forholdt oss til denne muligheten, men har basert oss på at Naturkrafts gasskraftverk vil forbli en selvstendig enhet slik det er i dag.

3 VURDERING AV KONSEPTVALGUTREDNINGEN

I dette kapitlet gjennomføres en kvalitetssikring av dokumentene Behovsanalyse, Overordnet strategidokument og Overordnet kravdokument i *"Konseptvalgutredning for CO₂-fangst, -transport og – lagring fra gasskraftverket på Kårstø"*, jf Olje- og energidepartementet, Oslo 5. juni 2009.

Kvalitetssikringen er gjort i henhold til evalueringskriteriene for KS1, jf. FINs veileder nr 3 (datert 3.11.2008), og rammeavtale *"om kvalitetssikring av konseptvalg, samt styringsunderlag..."* (juni 2005).

Kapittel 3.1 omhandler konseptvalgutredningens behovsanalyse, kapitlene 3.2 og 3.3 omhandler tilsvarende hhv. det overordnede strategidokumentet og det overordnede kravdokumentet. Det fjerde dokumentet i konseptvalgutredningen, alternativanalysen, er behandlet i kapittel 4.

3.1 Behovsanalysen

3.1.1 Krav til en behovsanalyse

Behovsanalysen inngår som kapittel 2 i OEDs konseptvalgutredning. Den skal inneholde en vurdering av hvorvidt det tiltaket som det påtenkte prosjektet representerer, er relevant i forhold til de definerte samfunnsbehovene. Videre skal behovsanalysen omfatte en kartlegging av interessenter/aktører.

Formålet med kvalitetssikringen er å vurdere om behovsanalysen er tilstrekkelig som beslutningsunderlag for at tiltaket skal realiseres, inkludert om den er tilstrekkelig komplett og konsistent.

En evaluering av hvorvidt tiltaket er relevant i forhold til samfunnsbehovene krever at samfunnsbehovene er identifisert og presisert. Den underliggende politiske verdivurderingen bak de oppgitte samfunnsbehovene er iht. mandatet ikke gjenstand for vurdering.

I en samfunnsøkonomisk analyse skal alle relevante virkninger av de aktuelle alternativene beskrives. Dette inkluderer eventuelle virkninger som finner sted i andre sektorer, utilsiktede så vel som tilsiktede. I vurderingen av om behovsanalysen er komplett og konsistent er det derfor vurdert hvordan eventuelle relevante samfunnsbehov i andre sektorer er behandlet. Det stilles følgende krav til en komplett behovsanalyse:

- Behovene for tiltaket må være begrunnet i overordnede sektorpolitiske mål.
- Samfunnsbehov i andre sektorer som er brukt i den politiske begrunnelsen for prosjektet må være inkludert i behovsanalysen.
- Behovsanalysen må inkludere en vurdering av om det eksisterer sektorovergrepene behov som det er relevant å ta hensyn til i prosjektutforming.
- Eventuelle motstridene behov må være kartlagt og prioritert.

Underkapitlene 3.1.2 – 3.1.3 er en gjennomgang og vurdering av i hvilken grad vi mener kravene til behovsanalysen er oppfylt i konseptvalgutredningen.

3.1.2 Om behovsanalysen

Det tiltaksutløsende behovet er i konseptvalgutredningen beskrevet som todelt, og kan kort formuleres som:

- Behov for omfattende reduksjon i CO₂-utslipp for å begrense videre global oppvarming.
- Behov for å modne en teknologisk løsning for CO₂-håndtering

Det er i behovsanalysen ikke presisert hvilket behov som er å betrakte som tiltaksutløsende. Vår tolkning er at hvert av de to definerte behovene er å betrakte som sådan. Kapitlene 2.2 – 2.7 i konseptvalgutredningen er en kartlegging og analyse av behovene.

Gjennom store deler av behovsanalysen forankres de to behovene i nasjonale og internasjonale rapporter. Dette er dels fagrapporter, og dels rapporter som gir overordnede politiske føringer. I kapittel 2.2 *Globale klimautfordringer*, settes behovene inn i en internasjonal sammenheng, der det vises til følgende internasjonale dokumenter:

- **FNs klimapanel 4. rapport (Klimarapporten)** slår fast at dagens situasjon med økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren og påfølgende global oppvarming i avgjørende grad er menneskeskapt. Det er behov for omfattende reduksjon i CO₂-utslipp for å begrense videre temperaturøkning.
- **FNs klimakonvensjon** som trådte i kraft 21. mars 1994, har som målsetning at konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren skal stabiliseres på et nivå som vil forhindre farlig, menneskeskapt påvirkning på klimaet.
- **Kyotoavtalen** inneholder tallfestede utslippsforpliktelser for i-landene i perioden 2008-2012. Det gjøres videre rede for de tre Kyoto-mekanismene for samarbeid om utslippsreduksjoner. Disse er a) internasjonal kvotehandling, b) felles gjennomføring og c) den grønne utviklingsmekanismen (CDM).

Behovsanalysen går så over til å knytte de to behovene til sektorovergripende mål i den nasjonale klimapolitikken, der de internasjonale forpliktelsene er lagt til grunn (jf kapittel 2.3 Norsk klimapolitikk). Dette er i hovedsak føringer hentet fra St.meld. nr. 34 (2006-2007) Norsk klimapolitikk, St.prp. nr. 49 (2006-2007) Samarbeid om håndtering av CO₂ på Mongstad, samt OEDs årlige budsjettproposisjoner for årene 2006 - 2009. Følgende er omtalt i behovsanalysen:

St.meld. nr. 34 (2006-2007) Norsk Klimapolitikk

- Regjeringens langsiktige mål i klimapolitikken er at Norge skal være karbonnøytralt i 2050, at Norge frem til 2020 skal påta seg en forpliktelse om å kutte de globale utslippene av klimagasser tilsvarende 30 prosent av Norges utslipp i 1990, og at Norge skal skjerpe sin Kyoto-forpliktelse med ti prosentpoeng til ni prosent under 1990-nivå.

- Videre skal Norge være en pådriver for en mer ambisiøs og omfattende klimaavtale etter Kyotoperioden. En bedre internasjonal klimaavtale vurderes som den første og viktigste strategien i klimapolitikken.
- Det anses som et realistisk mål for 2020 å redusere utslippene i Norge med 13-16 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i forhold til referansebanen slik den er presentert i nasjonalbudsjettet for 2007, inkl skog. Dette innebærer i så fall at mellom halvparten og to tredjedeler av Norges totale utslippsreduksjon skal kunne tas nasjonalt. Norges utslipp av klimagasser økte imidlertid med 8,5 prosent i perioden 1990-2005. Veksten i klimagassutslipp er dominert av økte utslipp fra olje- og gassvirksomheten samt fra veitrafikk. Det er ventet at norske klimagassutslipp vil ha økt med ytterligere 9,2 prosent i perioden 2005-2010.
- Satsingen på CO₂-håndtering er basert på prognosene om framtidig energibehov, og en forventning om at CO₂-håndtering vil bli et sentralt tiltak for å redusere verdens samlede utslipp av klimagasser. Dessuten forventes det at man her kan bruke norsk kompetanse til å bidra til reduksjon gjennom internasjonal spredning av slik teknologi. Det påpekes videre at for å skape en bred anvendelse av en slik teknologi, er det behov for dedikert satsing på utvikling og modning av denne teknologien slik at kostnader og risiko reduseres.
- Det vises til at norsk klimapolitikk bygger på de to anerkjente prinsippene; styringseffektivitet og kostnadseffektivitet. Førstnevnte skal lede til valg av virkemidler hvor målene nås med størst mulig grad av sikkerhet. Sistnevnte skal sikre en virkemiddelbruk hvor de samlede utslippsreduksjonene realiseres på billigst mulig måte.

St.prp. nr. 49 (2006-2007) Samarbeid om håndtering av CO₂ på Mongstad

- Utsiktene for den globale energietterspørselen tilsier at satsingen på CO₂-håndtering må styrkes.
- Regjeringen har satt seg ambisiøse mål knyttet til realisering av fangst og lagring av CO₂. Fossile energikilder vil fortsatt i mange år utgjøre størstedelen av verdens økende energiforbruk. I et slikt perspektiv vil realisering av løsninger som hindrer utslipp av klimagasser i forbindelse med energiproduksjon være helt nødvendig for å møte klimautfordringene.

OEDs årlige budsjettproposisjoner

- I St meld. nr 1 (2005-2006) fremgår det at videreutvikling av dagens eller nye teknologier for CO₂-fangst er avhengig av at internasjonale leverandørselskaper ser et markedspotensial i å videreutvikle teknologiene med tanke på kommersialisering.
- I St.meld. nr 1 (2006-2007) vises det til at Regjeringen i Soria Moria-erklæringen varslet at arbeidet med å etablere et renseanlegg på Kårstø skulle starte snarest, og at staten ville bidra økonomisk til dette. Videre at "det etableres en transport- og lagringsløsning i tilknytning til fangstanlegget. Det presiseres at CO₂-håndtering ikke er lønnsomt med dagens rensekostnader, og at realiseringen av et renseanlegg på Kårstø derfor krever betydelig statlig bidrag."
- Det henvises videre til St meld nr 1 (2008-2009) hvor det fremgår at formålet med å realisere CO₂-fangst på Kårstø er å redusere utslipp av CO₂. Videre er det en målsetning å bidra til teknologiutvikling og derigjennom redusere kostnadene for CO₂-håndteringsteknologi.

Øvrige samfunnsrelaterte behov som er omtalt

Det henvises i konseptvalgutredningen til St meld nr 34 (2006-2007) hvor det vurderes at *"...Disse prosjektene er ikke lønnsomme i dag, men vil kunne bli det senere. Norsk kompetanse og teknologi kan da bli en betydelig eksportartikkel, og ved å gjøre denne teknologien tilgjengelig på et tidlig tidspunkt, kan vi også gi et viktig bidrag til reduksjoner i CO₂-utslipp verden rundt"*.

Ut over denne henvisningen er ikke behov eller intensjoner knyttet til næringsutvikling, kompetanseutvikling av arbeidskraft og lignende omtalt.

Det er i tillegg vist til et relativt stort antall nasjonale og internasjonale fagrapporter. Disse er brukt både som kilde til faktaopplysninger og til å presisere og utdype de internasjonale og nasjonale politikkdokumentene.

I konseptvalgutredningen kapittel 2.5 "Behovet for teknologiutvikling innen CO₂-håndtering" drøftes teknologibehovet mer inngående. Det vises til at det finnes fire anlegg for CO₂-håndtering som har en komplett kjede for fangst, transport og lagring og som er av industriell størrelse. Det presiseres at ingen av disse anleggene er knyttet til kraftverk. Manglende utbredelse av CO₂-håndtering begrunnes i at teknologiene ikke er tilstrekkelig utviklet, og at de er kostbare å utvikle. Dette sammen med et kvotesystem og en CO₂-avgift som foreløpig ikke gir forretningsmessige incentiver til å etablere CO₂-håndtering ved kraftverk og annen industri, begrunner i neste omgang behovet for betydelig offentlig finansiering, samt et samarbeid mellom privat næringsliv, teknologileverandører og myndigheter. Status og utfordringer knyttet til de ulike delene av CO₂-håndtering, nemlig fangst, transport og lagring, drøftes deretter mer konkret. Det vises til kapittel 4 i denne rapporten, for en nærmere omtale av dette.

I kapittel 2.7 "CO₂-håndtering som satsingsområde i norsk klimapolitikk" drøftes CO₂-håndtering som ett av flere mulige tiltak i den norske klimapolitikken

Det gjøres deretter en vurdering av i hvilken grad Kårstø-tiltaket er relevant i forhold til de to nevnte behovene. Realisering av Kårstø ansees å kunne bekrefte at fullskala fangstanlegg for gasskraftverk er mulig. Som førstegenerasjonsanlegg vil det i følge konseptvalgutredningen, generere ny læring knyttet til tekniske, økonomiske og fremdriftsmessige forhold. Utfordringene knyttet til tiltaket er blant annet håndtering av de store eksosvolumene, og usikkerhet knyttet til helse, miljø og sikkerhet. Tiltaket antas å kunne ha en internasjonal signalverdi som vil være positivt korrelert med anleggets ytelse og kostnadseffektivitet, men som forutsetter at gasskraftverket er i drift. Det påpekes at disse ulike hensynene må ligge til grunn for en vurdering av når CO₂-håndtering på Kårstø skal etableres.

Vurdering av behovsanalysen

Vi vurderer samfunnsbehovene som godt forankret i fagrapporter og i internasjonale og nasjonale politikkdokumenter. Dette gjelder både samfunnsbehovet om reduksjon i CO₂-utslipp for å begrense videre global oppvarming, og samfunnsbehovet om å modne en

teknologisk løsning for CO₂-håndtering. Sistnevnte behov kan tolkes som ett av flere mulige midler til å lykkes med å løse det første behovet.

Det internasjonale energibyrået (IEA) forutser en betydelig økning i den globale energietterspørselen frem til 2030 samtidig som de mener at fossile energikilder vil dekke om lag 80 prosent av behovet. Dette illustrerer behovet for forsterkede tiltak i årene framover for å redusere utslippene av CO₂. Også internasjonale klimaavtaler som Kyoto-avtalen og senere avtaler understreker behovet for betydelige klimatiltak.

Vi har følgende bemerkninger til behovsanalysen:

- Som nevnt i kapittel 2 mener vi det er en svakhet ved både behovsanalysen og konseptvalgutredningen for øvrig at man etter å ha beskrevet behovene går rett på en vurdering av om det konkrete tiltaket på Kårstø er relevant i forhold til disse, istedenfor å vurdere tiltaket for CO₂-håndtering på Kårstø opp mot alternative konsepter som kunne møte behovene på en bedre måte. Se for øvrig del II av denne rapporten for en vurdering av det foreslåtte tiltaket mot alternative tiltak.
- Det savnes med andre ord en vurdering av CO₂-håndtering opp mot andre klimatiltak som kan være mer kostnadseffektive. Dvs. en prinsipiell kostnadstilnærming som drøfter og rangerer mulige norske klimatiltak som ledd i å begrense de globale og nasjonale CO₂-utslippene.
- På samme måte savnes en drøfting av fokusområde for teknologiutvikling knyttet til CO₂-fangst. Vi tenker her på vurderinger omkring den globale relevansen av rensing av klimagassutslipp fra gasskraftverk sett i forhold til rensing av utslipp fra mer CO₂-rike avgasskilder, som de fra kullkraftverk og ulike industrielle prosesser.
- Det er i utredningen heller ikke vurdert hvordan alternative energikilder som for eksempel nye fornybare energiresurser vil kunne bidra til reduksjon i utslipp av klimagasser.

Arbeid med teknologiutvikling for CO₂-håndtering fra punktutslipp foregår flere steder. Hva som vil kunne oppnås av spesielle læringsgevinster ved et anlegg på Kårstø fremfor ved andre tilsvarende prosjekter er ikke godt behandlet i konseptvalgutredningen. Helt konkret burde den mulige relevansen av det foreslåtte tiltaket for teknologimodning blitt problematisert i lys av CO₂-håndteringsprosjektene ved Mongstad. Se del II for nærmere omtale av dette.

På dette grunnlaget mener vi at det i konseptvalgutredningen ikke er gjort tilfredsstillende rede for at det foreslåtte tiltaket ivaretar det angitte samfunnsbehovet.

3.1.3 Kartlegging av aktører og interessenter

I kartleggingen av aktører og interessenter er det, i tillegg til å identifisere berørte parter, særlig relevant å avdekke hvilke relasjon den enkelte har til tiltaket og til hverandre, hvilke påvirkningsmuligheter hver og en har, samt å beskrive eventuelle interessekonflikter.

Konseptvalgutredningens kapittel 2.8 definerer og beskriver aktører og interessenter i global, nasjonal og regional sammenheng. Det er gjort følgende definisjoner:

- Aktører er definert som organisasjoner, institusjoner eller personer, offentlige eller private. De har en rolle i form av oppgaver eller ansvar. Dette forstår vi som "primærinteressenter".
- Interessenter er definert som organisasjoner, institusjon eller person, offentlig eller privat, som har en interesse av og kan forsøke å påvirke utfallet av prosjektet. Dette forstår vi som "sekundærinteressenter".

Under overskriften Relevante aktører i kapittel 2.8.1, er aktørene listet opp og beskrevet på et overordnet nivå, der ansvar knyttet til forvaltning, myndighet og/eller gjennomføring delvis er beskrevet. Interessentene er tilsvarende listet opp i kapittel 2.8.2 under overskriften Identifiserte interessenter. Her omtales tiltakets konsekvenser for kun noen utvalgte av interessentene, som for eksempel lokalbefolkningen. For andre nevnes bare at tiltaket er av stor interesse, eksempelvis for forskningsinstitusjoner og miljøorganisasjoner.

Vurdering av kartleggingen av aktører og interessenter

Vi vurderer kartleggingen i konseptvalgutredningen som svært overordnet, og vi mener den ikke er godt egnet til å belyse interessentbildet knyttet til det aktuelle konseptvalget.

Det mangler en grundig gjennomgang av hvem de sentrale aktørene og interessentene er, og vi mener oversikten i konseptvalgutredningen ikke er tilstrekkelig komplett. Generelt kan det virke som både miljøorganisasjoner og teknologimiljøer er relativt beskjedent representert i oversikten. Av selskaper savnes både TCM DA og Energiverk Mongstad som interessenter det kan være aktuelt å utveksle erfaringer med. Energiverk Mongstad kan også være en berørt part i forbindelse med et eventuelt fellesdeponi med Kårstø. I konseptvalgutredningen nevnes Statoil som aktør i forbindelse med at de er eier av grunnen hvor fangstanlegget på Kårstø er foreslått plassert. Etter vår vurdering burde selskapets øvrige interesser også vært trukket inn. Dette er blant annet interesser knyttet til at de er en av eierne av Naturkraft, at de er operatør av gassprosesseringsanlegget på Kårstø som vil bli omfattet av en eventuell integrasjonsløsning, samt ulike roller de har på Mongstad knyttet til CO₂-håndteringsprosjektene der.

Til tross for at det gjøres et skille mellom aktører og interessenter, er det etter vår vurdering vanskelig å få klarhet i hvem som er de viktigste aktørene. Dette har delvis å gjøre med at det ikke er gjennomført en tilfredsstillende kartlegging av den enkelte aktørs interesser i forhold til tiltaket. For noen aktører, som Gassco SF og Oljedirektoratet, er relasjonen til tiltaket i noe grad beskrevet. For en aktør som Næringsdepartementet er omtalen begrenset til at det har ansvar for næringsliv, handel og skipsfart.

Videre vil vi påpeke som en svakhet at det ikke fremgår av konseptvalgutredningen hvilke relasjoner det er mellom aktørene/interessentene, hvilke påvirkningsmuligheter de antas å ha, og hvilke positive eller negative konsekvenser tiltaket kan forventes å ha for den enkelte aktør. En kartlegging av denne typen bør avdekke noe om hvor sterk påvirkning hver aktør vil kunne ha, hvilke viktige interessekonflikter som eksisterer mellom de ulike interessentene, samt hvilke nettverk som finnes mellom dem.

For et tiltak av denne størrelsen må man naturlig nok begrense omfanget av kartleggingen av interessenter og aktører. Ikke alle kan komme på listen, og ikke alle på listen kan omtales med samme grundighet. Likevel er det vår vurdering at kartleggingen i den aktuelle konseptvalgutredningen er for grovmasket og for lite poengtert til å kunne synliggjøre hvordan aktører med sammenfallende eller motstridende interesser kan påvirke ulike aspekter ved det foreslåtte tiltaket. Slik sett mener vi behovsanalysen ikke oppfyller kravet om at eventuelle motstridende behov må være kartlagt og prioritert.

3.2 Overordnet strategidokument

3.2.1 Krav til overordnet strategidokument

Tiltakets overordnede strategidokument er presentert i kapittel 3 i konseptvalgutredningen. I dokumentet skal samfunns mål og effektmål for tiltaket defineres. Det skal innholde en prioritering mellom målene og en strategi for hvordan målene skal nås. Rammene for tiltaket skal også beskrives.

Formålet med kvalitetssikringen er å vurdere dokumentet med hensyn til indre konsistens og konsistens mot behovsanalysen. Videre skal det gis en vurdering av hvorvidt det oppgitte målet er presist nok definert for å sikre operasjonalitet. Kvalitetssikringen skal også omfatte en vurdering av prosjektets relevans og mulige innfasing i forhold til den eksisterende og planlagte porteføljen av prosjekter i OED.

3.2.2 Samfunns mål

Med samfunns mål menes den nytte eller verdiskapning som investeringstiltaket skal gi samfunnet, og samfunns målet skal beskrive hvilken samfunnsutvikling prosjektet skal bygge opp under. Samfunns målet skal med andre ord vise eiers ambisjon med tiltaket.

I strategidokumentet er følgende samfunns mål definert:

”Å redusere CO₂-utslipp fra gasskraftverket på Kårstø og modne en teknologisk løsning for fangst, transport og lagring som muliggjør en betydelig begrensning av globale CO₂-utslipp.”

Samfunns målet er altså todelt:

- Redusere CO₂-utslipp fra gasskraftverket på Kårstø
- Modne en teknologisk løsning for fangst, transport og lagring av CO₂

Samfunns målet gjenspeiler en politisk ambisjon

I ”Soria Moria” erklæringen; Plattform for regjeringssamarbeidet mellom AP, SV og SP, 13.10.2005, er det uttalt at:

”Regjeringen vil sørge for at arbeidet med å etablere et fullskala anlegg for CO₂ - fjerning på Kårstø startes, og bidra økonomisk til dette. Målet er at fjerning av CO₂ skal skje innen 2009, slik at det blir mulig å bruke denne som trykkstøtte for felt i Nordsjøen.”

Dette ble fulgt opp i St meld nr 34 (2006-2007) hvor det flere steder er vist til Kårstø-tiltaket, for eksempel:

”I tillegg til satsingen gjennom Gassnova og CLIMIT-programmet deltar regjeringen i to prosjekter for CO₂-håndtering på gasskraftverk; et totrinns opplegg i tilknytning til kraftvarmeverket på Mongstad og et fangstanlegg tilknyttet Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø”.

Det har med andre ord lenge foreligget en klar politisk ambisjon om en satsning på CO₂-håndtering fra norske gasskraftverk generelt, og gasskraftverket på Kårstø spesielt.

Vurdering av samfunnsmålet

Vi mener konseptvalgutredningen ikke sannsynliggjør hvordan det valgte samfunnsmålet vil kunne ivareta de to behovene som er definert. Samfunnsmålet kan ikke utledes av behovene, og følgelig mener vi at samfunnsmålet ikke er konsistent med behovsanalysen. Samfunnsmålet bærer preg av at tiltaket er definert først, og deretter plassert inn i en behovsmessig sammenheng.

Samfunnsmålets første del om ”å redusere CO₂-utslipp fra gasskraftverket på Kårstø”, er ikke et hensiktsmessig samfunns mål, ettersom CO₂-utslipp er globale av natur og utslippsreduksjon andre steder enn på Kårstø vil være like virkningsfullt for klimaet som reduksjon på Kårstø. Denne delen av samfunnsmålet har karakter av et middel for å oppnå et mål. I praksis begrenser denne målformuleringen konseptvalget til kun å omfatte varianter av ett konsept.

Samfunnsmålets andre del om ”å modne en teknologisk løsning for fangst, transport og lagring med betydning for å begrense det globale CO₂-utslippet” kunne isolert sett være en mer hensiktsmessig målformulering, men ikke når den er begrenset av samfunnsmålets første del. Igjen forhindrer samfunnsmålet et reelt konseptvalg for modning av teknologiske løsninger for CO₂-håndtering, da man er låst til tiltaket knyttet til Naturkrafts gasskraftverk på Kårstø.

Denne avgrensningen av samfunnsmålet til gasskraftverket på Kårstø er urimelig. Både behovet for reduksjon av klimagassutslipp og behovet for modning av teknologi for CO₂-håndtering kan oppfylles av andre tiltak enn Kårstø. I et konseptvalg kan man ikke på forhånd ha bestemt seg for tiltaket, men man må sammenligne et foreslått tiltak med alternative konsepter for å møte behovene.

Oppsummert mener vi samfunnsmålet er ugyldig, ettersom det ikke oppfyller kravene til et samfunns mål. Som en følge av dette ser vi i Del II av denne rapporten på alternative tiltak for å møte de to behovene som er beskrevet i behovsanalysen.

3.2.3 Effektmål

Med effektmål menes den konkrete effekt, virkning og/eller konsekvens som et investeringstiltak skal føre til for brukerne. Effektmålene skal bygge opp under samfunnsmålet ved at måloppnåelse av effektmålene gir måloppnåelse for samfunnsmålet. Effektmålene skal også være etterprøvbare/målbare.

I konseptvalgutredningen er det angitt fire effektmål med tilhørende utdyping:

1. Etablere en *effektiv* og *helhetlig* løsning for fangst, transport og lagring av CO₂ fra gasskraftverket på Kårstø.

Effektiv: Så høy fangstgrad som mulig sett i forhold til ressursbruken, gitt tilgjengelig teknologi modnet for fullskala anlegg.

Helhetlig: At løsningen er optimalisert med tanke på total ressursbruk og ikke sub-optimalisert for fangst, transport og lagring separat.

2. Utvikling av *fremtidsrettet* og *sikker* teknologisk løsning for fullskala CO₂-håndtering.

Fremtidsrettet: Signaleffekten det vil gi å bygge verdens første fullskala CO₂-håndteringsanlegg. Og betydningen av å modne teknologiske løsninger som gir reduserte kostnader som igjen vil gi en bred anvendelse av teknologien.

Sikker: Stor sannsynlighet for å ivareta permanent geologisk lagring av CO₂ og at man ivaretar alle sikkerhetsmessige aspekter ved CO₂-håndtering.

3. *Tilrettelegge* for transport og geologisk lagring av ytterligere volumer av CO₂.

Tilrettelegge: Løsningen for transport og lagring fra Kårstø samordnes med fullskala CO₂-håndtering på Mongstad i den grad dette er kostnadseffektivt og hensiktsmessig. Tilsvarende investering i større rørdimensjon i den grad dette vurderes som kostnadseffektivt i lys av evt. forventet behov for transport av tilleggsvolumer fra andre punktutslipp.

Legge til rette for eventuell videreføring av CO₂-volumer fra brønnlokasjon til tilliggende deponi.

4. Sikre fleksibilitet for mulig og fremtidig bruk av CO₂-strømmen til økt oljeutvinning.

Ønsker deponering som gjør det mulig å videreføre CO₂-strømmen til oljeutvinning i tilfelle dette blir aktuelt en gang i fremtiden.

Vurdering av effektmålene

Strategidokumentet omtaler de ovenstående fire effektmålene med virkninger av tiltaket for brukerne. I konseptvalgutredningen konkretiseres det ikke hvem man betrakter som "brukerne" i denne sammenheng. Det er således uklart om man her tenker kun på de mest umiddelbare brukerne knyttet til driften av anleggene for fangst, transport og lagring av CO₂, eller om man har en bredere oppfatning om hvem som er brukerne.

Effektmålene er tydelige og enkle å forstå, og det er ikke indre motsetninger mellom dem. De må imidlertid sies å være lite konkrete, fordi de i liten grad gir en ytterligere konkretisering av ambisjonsnivået fra omtalen av CO₂-håndtering i tidligere nevnte stortingsdokument (jf kapittel 3.1.2).

Effektmålene 1 og 2 er nært knyttet til "primærtiltaket" på Kårstø. Om man ser bort fra kritikken av at et samfunns mål ikke kan være knyttet til et konkret tiltak, jf kapittel 3.2.2, vil begge bidra til å oppfylle hver sin del av samfunns målet.

Effektmål 3 og 4 har etter vår vurdering like mye karakter av å være krav til løsningen som effektmål. Det som angis som effektmål 4 anses dessuten å ha begrenset relevans da det ikke anses realistisk å forvente etterspørsel fra oljeselskapenes side om CO₂ til bruk for å øke oljeutvinningen.

Effektmålene brukes i den samfunnsøkonomiske analysen som grunnlag for å vurdere nyttevirkingen av tiltak, der det ikke er mulig å beregne prissatte virkninger.

3.2.4 Øvrige krav til strategidokumentet

En del av kvalitetssikringen er å vurdere tiltakets relevans og mulig innfasing i forhold til den eksisterende og planlagte portefølje av tiltak i OED.

Innfasing av Kårstø CCS er beskrevet i konseptvalgutredningens kapittel 3.6, Tidsambisjonen. Det er her angitt fire alternative tidsambisjonsnivåer, henholdsvis 2012/13, 2015, 2017 og 2020, hvor avveiningene mellom oppstartstidspunkt, tilgjengelig teknologi, informasjon om forventet driftstid for gasskraftverket, evt. integrasjon med gassprosesseringsanlegget og evt. erfaringsoverføring fra teknologisenteret på Mongstad (TCM) står sentralt.

Gassnova SF forvalter statens interesser knyttet til CO₂-håndtering og gjennomfører flere store og omfattende prosjekter innen CO₂-håndtering:

1. Forskningsprogrammet CLIMIT
2. Kårstø fullskala CCS (gasskraftverket)
3. Teknologisenteret på Mongstad (TCM)
4. Evt. samordning av transport og deponering av CO₂ fra Kårstø og Mongstad
5. Mongstad fullskala CCS (fra Energiverk Mongstad)

Ut over dette foreligger det oss bekjent ingen større planleggings- eller gjennomføringsprosjekter i regi av OED, som vil kunne komme i kapasitetsmessig konflikt med det foreslåtte tiltaket.

Vurdering av innfasing

En utsettelse av Kårstø-tiltaket kan gjøre det mulig å innhente og dra nytte av operative erfaringer på området fangstteknologi fra teknologisenteret på Mongstad. Dette vil bidra til å redusere risikoene for Kårstø-prosjektet betydelig. Videre skal blant annet CLIMIT-programmet under Forskningsrådet og Gassnova bidra til videreutvikling av kunnskap og løsninger for både effektiv fangst og sikker lagring av CO₂ i geologiske formasjoner. En langvarig utsettelse kan gjøre det mulig å dra mer nytte av resultatene fra denne forskningen før tiltaket eventuelt besluttes igangsatt.

Om Gassnova skal gjennomføre tiltaket innenfor en av de aktuelle tidsambisjonene, vil det i så fall bli helt eller delvis i parallell med Mongstad fullskala CCS. Det å kjøre to prosjekter av denne størrelse innenfor samme tidsrom må antas å medføre betydelige utfordringer med hensyn til tilgang på knappe ressurser med den nødvendige kompetanse.

3.3 Overordnet kravdokument

Tiltakets overordnede kravdokument utgjør kapittel 4 i OEDs konseptvalgutredning.

3.3.1 Krav til kravdokumentet

Det overordnede kravdokumentet skal sammenfatte de betingelsene som skal oppfylles ved gjennomføringen av tiltaket, som for eksempel funksjonelle, operasjonelle og økonomiske krav.

Kvalitetssikringen skal omfatte en vurdering av dokumentet med hensyn på indre konsistens og konsistens mot det overordnede strategidokumentet. Videre skal det gis en vurdering av relevansen og prioriteringen av ulike typer krav sett i forhold til målene i strategidokumentet.

3.3.2 Krav til tiltaket

Kravdokumentet sammenfatter prosjekteiernes betingelser som skal være oppfylt ved gjennomføring av tiltaket. Disse er beskrevet og gruppert i konseptvalgutredningens kapitler 4.2 – 4.5. Under hvert kapittel er det spesifisert konkrete krav til funksjoner og ytelser. Kravdokumentet består av til sammen 11 krav. Kravene er plassert i følgende grupper:

- a) Generelle krav til fangst, transport og lagring (2 krav):
 - Krav om bruk av teknologi som er konseptuelt utprøvd/demonstrert ved investeringstidspunktet, dvs før byggestart.
 - CO₂-håndteringen må overholde relevante lover og regulatoriske krav.
- b) Overordnede krav til fangstanlegg (2 krav):
 - Krav til ettermontering på gasskraftverket uten omfattende ombygging.
 - Krav til ytelser er angitt på overordnet nivå.
- c) Overordnede krav til transport (3 krav):
 - Tilgjengeligheten for transportløsningen må være høyere enn for fangstanlegget og minimum 97% tilgjengelighet.
 - Krav til ytelse er angitt med hensyn til kapasitet fra Kårstø. Det påpekes at samordning av transport fra andre fangstanlegg kan gi reduserte totale kostnader. Det er derimot ikke stilt krav om slik samordning.
 - Fleksibilitet i tilkoblingsløsninger for eventuell økt oljeutvinning ved hjelp av CO₂-injeksjon.
- d) Overordnede krav til geologisk lagring (4 krav):
 - Krav til sannsynlig minimum lagringskapasitet
 - Krav til lagrings tilgjengelighet
 - Krav til sikkerhet i form å forsegle lagret CO₂
 - Krav til forsvarlig reservoarovervåking

3.3.3 Vurdering av kravdokumentet

Kravene fremstår som relevante i forhold til, og konsistente med, samfunns mål og effektmålene som er angitt i konseptvalgutredningen.

Eksempelvis er effektmålet om sikker teknologisk løsning for fullskala CO₂-håndtering, med vekt på å ivareta permanent geologisk lagring av CO₂, fulgt opp i kravdokumentet. Det stilles krav både til sikker lagring, og til reservoarovervåking. Dette uten at det konkretiseres i særlig grad, noen vi antar er vanskelig fordi man har lite erfaring med denne typen lagring over lang tid. Sikkerhet knyttet til fangst, eksempelvis helse, miljø og sikkerhet knyttet til håndtering av aminer, er ivaretatt i de generelle kravene om å overholde relevante lover og bestemmelser, inkl. lovene som håndheves av Arbeidstilsynet.

Kravene er etablert på overordnet nivå. Dokumentet viser slik sett en konsistent prioritering og robusthet i dataene på et overordnet nivå (fremfor teknisk løsningsorientering og detaljering).

Det bør derimot skilles bedre mellom "skal-krav" og "bør-krav". Førstnevnte er diskvalifiserende – dvs. at alternativer som ikke tilfredsstillt kravet må elimineres. "Bør-krav" er rangerende – dvs. at graden av oppfyllelse vurderes når alternativene rangeres mot hverandre.

Avslutningsvis kan det stilles spørsmål om kravet om fleksibilitet i tilkoblingsløsninger for økt oljeutvinning, når oljeselskapene i dag ikke ser behovet for dette.

4 ALTERNATIVANALYSE

4.1 Innledning

Som angitt i kapittel 2 foreligger det i konseptvalgutredningen intet alternativt konsept til det foreslåtte tiltaket, men kun varianter av samme konsept. Forskjellene i samfunnsøkonomisk nytte mellom alternativene/variantene i konseptvalgutredningen er relativt små. Mangelen på et alternativt konsept får naturlig nok konsekvenser for alternativanalysen. Vi anser at det ikke har noen hensikt å regne på flere enn én variant av tiltakskonseptet, da variantene uansett er relativt like. Det er derfor i samråd med oppdragsgiverne besluttet kun å gjennomføre en analyse begrenset til én variant av det foreslåtte tiltaket, samt nullalternativet.

4.2 Vurdering av foreliggende alternativanalyse

Det vises i konseptvalgutredningen til at Regjeringen i revidert nasjonalbudsjett (2008-2009) sier at den *"går inn for å stanse anskaffelsesprosessen om tildeling av kontrakt for bygging av CO₂-fangstanlegget, til man har et klarere bilde av driftsmønsteret ved gasskraftverket eller av andre løsninger som vil gi større sikkerhet for en jevn kraftproduksjon og dermed CO₂-utslipp. Samtidig vil Regjeringen vurdere nærmere en energimessig integrasjon mellom gasskraftverket og gassprosesseringsanlegget på Kårstø, som vil kunne bidra til å redusere de samlede utslippene"*.

Alternativet med å integrere gasskraftverket med gassprosesseringsanlegget på Kårstø er under utredning av andre, og det må antas å være usikkert om dette kan bli en realitet. Vi har i vår analyse ikke kunnet forholde oss til denne muligheten, men basert oss på at Naturkrafts gasskraftverk vil forbli en selvstendig enhet slik det er i dag.

Et helt vesentlig spørsmål er da i hvilken grad gasskraftverket faktisk vil være i drift. Dette er vurdert som en risiko i konseptvalgutredningen, men burde etter vår oppfatning vært viet mer plass fordi det har klare konsekvenser for alternativanalysen. At gasskraftverket bare antas å ha en forventet driftstid opp mot 50% i gjennomsnitt for perioden er et så viktig poeng at det fortjener større oppmerksomhet.

For eksempel er det ikke drøftet hva som skjer hvis driften på gasskraftverket viser seg ikke å være lønnsom etter at beslutning om bygging av fangstanlegget er fattet. Det er ikke lett å se hva man da evt. kan gjøre for å holde kraftproduksjonen, og med det CO₂-renseanlegget, i gang. Med de forretningsmessige forutsetninger som Naturkrafts anlegg antas å operere under, vil gasskraftverket og renseanlegget i dette tilfellet kunne bli stående uvirksomt, evt. bli nedlagt hvis mangelen på lønnsomhet regnes som varig.

Det er spesielt stor usikkerhet knyttet til prissettingen av nyttesiden ved nytte/kostnadsvurderingen. OED peker i konseptvalgutredningen på hvor vanskelig dette feltet er, fordi fremtidig prising av CO₂-utslipp er usikker.

4.3 Drøfting av nullalternativet

Nullalternativet er definert som at gasskraftverket drives videre uten rensing når det er lønnsomt og står stille når det ikke vil være lønnsomt.

Gasskraftverkets operasjonsmønster forutsettes å være basert på rene bedriftsøkonomiske vurderinger av eierne Statoil og Statkraft. Kraftproduksjon meldes inn til Nord Pool og avregnes til markedspris. Innmelding skjer dagen før produksjonen. I hovedsak vil verket produsere når den såkalte *Clean Spark Spread* (strømpris – (gasspris + kvotepris)) er positiv. Mao. når prisen på elektrisk kraft er større enn summen av gasspris og kvotepris.

I tillegg kommer faste driftskostnader (bl.a. knyttet til ca. 30 ansatte), variable driftskostnader og kostnader til oppstart og nedstengning ved svingproduksjon. Dersom anlegget stenges ned over lengre tid (flere måneder), tilkommer ekstra kostnader til preservering av anlegget.

En relevant økonomisk analyse av nullalternativet ville innebære at det ble betraktet som en såkalt 'switching option': Basert på stokastiske prisbaner for elektrisitet/gass/utslippskvoter og relevante driftskostnader kan en etablere beslutningsregler for drift og deretter endelig lønnsomhet. Vi har imidlertid ikke fått tilgang til tilstrekkelig datagrunnlag fra gasskraftverket for å gjennomføre en slik kvantitativ analyse. I tillegg er foreliggende kvalitetssikring ikke en fullverdig alternativanalyse, men en kostnadssjekk for ett alternativ. Analysen av nullalternativet er derfor begrenset til en drøfting av sentrale forhold.

4.3.1 Driftsprofil

Driftsprofilen for gasskraftverket er ifølge konseptvalgutredningen vurdert av blant andre Xrgia. Driftsprofilen er avhengig av flere faktorer som hver for seg har stor usikkerhet:

- Prisene i kraftmarkedet. Basert på historiske data for tilsig og vurderinger av forventet utvikling i et felles kraftmarked har Xrgia vurdert prisutviklingen fram til 2025
- Prisen på gass
- Kvoteprisen

Xrgias konklusjoner er bl.a. at det er mest sannsynlig at kraftverket er i produksjon i sommerhalvåret og at det skal en svært gunstig forhold mellom strømpris, gasspris og kvotepris til for at brukstiden skal komme over 4000 timer i året.

I en rent bedriftsøkonomisk analyse ville driftstiden for gasskraftverket på Kårstø med tilknyttet CO₂-rensing bli lavere enn driftstiden uten CO₂-rensing, ettersom driftskostnadene for rensianlegget overstiger kvoteprisene. For foreliggende alternativ med rensing er det imidlertid antatt at økonomien for Naturkrafts gasskraftverk skal være uavhengig av et eventuelt rensianlegg. Dermed vil driftsprofilen være lik i de to tilfellene, og således kun styrt av kraftverkets beslutninger på basis av strømpris, gasspris og kvotepris.

4.3.2 Gratiskvoter og kvotepriser

Gasskraftverket har i dag gratiskvoter som utløper i 2012. I et nyere EU-direktiv (2009/29/EC) foreslås det at det ikke skal gis gratiskvoter til kraftverk etter 2012. Vi anser det som sannsynlig at dette også vil bli gjeldende for Naturkrafts gasskraftverk fra og med 2013.

4.3.3 Konklusjon

Gasskraftanleggets forretningsidé antas primært å være en "svingkraftprodusent" som tar toppene i markedet gjennom å produsere kraft når det er lønnsomt, og ellers stå stille. Anleggets driftshistorie så langt viser at det har vært ute av produksjon i lengre perioder. Basert på drøftingene i foregående kapitler, er det en betydelig risiko for at gasskraftverket vil være ute av drift i lengre perioder. Det er f.eks. ikke utenkelig at anlegget i fremtiden vil kunne stå stille over hele år.

Det er etter vår vurdering stor usikkerhet knyttet til nullalternativet ettersom driftsprofilen for gasskraftverket bestemmes av tre faktorer som alle er svært usikre, nemlig; strømpris, gasspris og kvotepris. Vi har i vårt arbeid ikke hatt tilgang til tall som gir grunnlag for andre antakelser enn de som er anført i konseptvalgutredningen.

4.4 Valg av alternativ for den videre analysen

I vurderingen av hvilket alternativ/variant som bør velges til den videre analysen har vi basert oss på informasjon i konseptvalgutredningen og dens referansedokumenter. I det etterfølgende gjør vi korte vurderinger av de fire ulike variablene (tidsambisjon, fangstteknologi, rørdimensjon og deponi for CO₂) for å finne det mest realistiske og hensiktsmessige alternativet/varianten.

4.4.1 Tidsambisjon

Tidsambisjon 2012/13 vurderes som helt urealistisk ettersom anskaffelsesprosessen er stoppet.

Tidsambisjon 2015 anses å være mulig og passer best til kriteriet om å etablere Kårstø CCS så raskt som mulig for å realisere signaleffekter i egenskap av et pionérprosjekt.

Tidsambisjon 2017 er i hovedsak som 2015, men det kan åpne seg flere muligheter med hensyn til fangstteknologi, og man kan få lavere risiko og kostnader. På den annen side vil man ved å velge 2017 redusere sannsynligheten for at Kårstø CCS vil kunne bli et av de aller første fullskalaprojektene.

For tidsambisjon 2020 er mulige løsninger kun indikert i konseptvalgutredningen. Dette anses ikke egnet som case for KS1-analysen.

4.4.2 Fangstteknologi

CO₂-håndtering på Kårstø forutsettes realisert med kjent teknologi og så snart som det lar seg gjøre. Dette innebærer at aminbasert fangstteknologi vil være den eneste tilgjengelige med nødvendig modenhet.

4.4.3 Rørdimensjon

Rørdimensjonen for transport av CO₂ fra Kårstø bør ta høyde for en evt. integrasjon med gassprosesseringsanlegget til Gassco. Videre er det et poeng at Kårstø CCS og Mongstad CCS ikke må utelukke hverandre, og således ikke konkurrere om de samme fasiliteter for transport og lagring.

Forprosjekteringsfasen for transport og lagring av CO₂ fra Kårstø er basert på transport i 12" rør. Denne dimensjonen antas å kunne håndtere også en evt. integrasjonsløsning på Kårstø.

4.4.4 Deponi

Forprosjekteringsfasen for transport og lagring av CO₂ fra Kårstø baserer seg på to alternative injeksjons- og lagringslokasjoner som begge er knyttet til Utsira-formasjonen; Utsira Sør og via Sleipner A.

Kårstø CCS bør ikke være avhengig av at Sleipner A plattformen er i drift. Det kan være ulike årsaker til driftsstans, og dessuten er driften planlagt avviklet i 2028.

4.4.5 Valg for videre analyser

"Middelalternativet 2015" ("M15") er valgt for videre analyse, med følgende presiseringer for fangst, transport og lagring:

- Fangst: Aminer (eneste modne teknologi)
- Transport: 12" rør (Base case i forprosjektet, dessuten en alminnelig standard i bransjen)
- Lagring: Utsira Sør, gjennom subsea template og injeksjonsbrønn (eneste kandidat som er tilstrekkelig utredet og som er uavhengig av Sleipner A).

Det bør i denne sammenheng nevnes at nåverdiene knyttet til de ulike variantene som er utredet i KVU varierer relativt lite, så resultatet av de påfølgende økonomiske analysene er ikke særlig følsomt for hvilket alternativ vi her velger.

4.5 Metode for den samfunnsøkonomiske analysen

4.5.1 Metode for den samfunnsøkonomiske analysen

I kapittel 4.5.2 er det redegjort for vårt valg av metode. I kapitlene 5 og 6 vurderes det valgte alternativet og nullalternativet i en samfunnsøkonomisk alternativanalyse.

Analysen er i hovedsak rettet mot følgende formål:

- Gi grunnlag for å vurdere om investeringsprosjektet er samfunnsøkonomisk lønnsomt, dvs. om summen av nyttevirkinger overstiger kostnadsvirkninger
- Gi grunnlag for å sammenligne det foreslåtte tiltaket med nullalternativet og å kunne drøfte det i forhold til alternative tiltak.

4.5.2 Metodevalg – en kort drøfting

Vi har i de foregående kapitlene påpekt mangler ved behovsanalysen og strategidokumentet, blant annet at det ikke foreligger minst to alternative hovedkonsepter, i tillegg til nullalternativet, slik kravet er til en konseptvalgutredning i KS1-sammenheng. Dermed har det liten hensikt å gjennomføre en grundig samfunnsøkonomisk analyse, utover å kommentere konseptvalgutredningen.

I den samfunnsøkonomiske analysen kan man benytte henholdsvis en nytte-kostnadsanalyse, en kostnads-effektivitetsanalyse eller en kostnads-virkningsanalyse.

I en **nytte-kostnadsanalyse** verdsettes nyttevirkningene i kroner. Denne metoden anses som lite hensiktsmessig i dette tilfelle, fordi nytteverdien av klimaeffekter er vanskelig å verdsette i kroner.

En **kostnads-effektivitetsanalyse** innebærer en systematisk verdsetting av kostnadene ved ulike alternative tiltak som kan nå samme mål. Dette oppfattes heller ikke som formålstjenelig i dette tilfelle fordi den krever at målet er gitt og at effektene av tiltakene er noenlunde like.

En **kostnads-virkningsanalyse** innebærer å kartlegge kostnader for ulike tiltak som er rettet mot samme problem, men der effektene av tiltaket ikke er helt like. I dette tilfellet gjelder det altså å finne den beste løsningen, alle forhold tatt i betraktning.

Siden størsteparten av prosjektets nytteside etter våre vurderinger er svært usikre, har vi valgt å benytte en kostnads-virkningsanalyse. Dette er i samsvar med OEDs vurderinger i konseptvalgutredningen.

Vi har valgt følgende fremgangsmåte for den samfunnsøkonomiske analysen:

- Trinn 1: Gjennomføring av en samfunnsøkonomisk kostnadsanalyse av alternativene. Som en del av kostnadsanalysen er det også gjort en usikkerhetsanalyse av investeringskostnadene (jf kapittel 5).
- Trinn 2: Alternativene vurderes mht. mulige ikke-kvantifiserbare nyttevirkingers oppfyllelse av effektmålene. Ikke-kvantifiserbare kostnader trekkes inn i drøftingen (jf kapittel 6).
- Trinn 3: Sammenstilling av de kvantifiserbare kostnader og inntekter med de ikke-kvantifiserbare effekter, med tilhørende oppsummering og konklusjoner (jf sammendrag).

5 VURDERING AV KVANTIFISERBARE EFFEKTER

5.1 Innledning

I henhold til Rammeavtalen skal det for hvert enkelt alternativ gjennomføres kvantitative analyser:

- Usikkerhetsanalyse av investeringskostnadene. Denne skal være etter samme mønster som for KS2, men tilpasset relevant presisjonsnivå
- Usikkerhetsanalyse av drifts-, vedlikeholds- og oppgraderingskostnader
- Samfunnsøkonomisk analyse, se kapittel 4.5 for en drøfting av metode

Dette kapitlet dekker disse analysene. Metode for usikkerhetsanalyse og inngangsdata til analysen er gitt i Vedlegg 2.

Det totale usikkerhetsbildet i foreliggende prosjekt er svært sammensatt og komplekst. Etter kvalitetssikrers oppfatning er det derfor svært krevende og dels spekulativt å favne den fulle usikkerheten i en kvantitativ analyse. Siden analysen bare dekker ett alternativ og således ikke skal benyttes til noen rangering, er enkelte usikkerhetselementer ikke kvantifisert. Dette drøftes i kap. 5.7.

5.2 Generelt om analyser for valgt alternativ

5.2.1 Alternativ

I foreliggende kvalitetssikring er det valgt bare å analysere ett konseptalternativ som beskrevet i kapittel 4.4.:

- Tidsambisjon 2015
- Fangst: Aminbasert teknologi
- Transport: 12" rør
- Lagring: Utsira Sør, gjennom subsea template og injeksjonsbrønn

Dette gir følgende forventet framdrift på prosjektet

- Investering 2011-2014 (mindre beløp vil påløpe før 2011)
- Drift 2015-2039

5.2.2 Forutsetninger

Usikkerhetsanalysene og den monetære samfunnsøkonomiske analysen bygger på følgende forutsetninger:

- Prosjektperiode 25 år
- Alle prisene er i 2008 tall
- Det er en reell analyse, dvs. ingen indeksering

- Det er ikke gjennomført en usikkerhetsanalyse på fremdrift, da dette anses unødvendig i denne tidlige fasen
- Hendelser med svært liten sannsynlighet og store konsekvenser er ikke tatt med
- Alle priser er ekskl. mva der ikke noe annet er oppgitt
- Det er benyttet en risikofri kalkulasjonsrente på 2 %. Systematisk risiko er ivaretatt gjennom egne analyser i tråd med KS1-krav
- Det er brukt forventningsverdier i den samfunnsøkonomiske analysen som ivaretar usystematisk risiko
- Det er beregnet en skattekostnad på 20 % der dette er relevant. Det foreligger ikke presise nok data som gir grunnlag for å vurdere en annen skattekostnad.
- Finansieringskostnader er ikke inkludert i analysen med unntak av skattekostnaden.
- Renseanleggets driftsprofil er fullt og helt bestemt av gasskraftsverkets drift, og analyse av renseanleggets økonomi skal representere all differanse mellom gasskraftverket med og uten rensing
- Renseanlegget vil i prinsippet ha en restverdi etter analyseperiodens utløp, forutsatt at det gjennomføres relevante vedlikeholdsoppgaver. Denne restverdien kan imidlertid bli sterkt redusert av teknologisk utvikling. Når en i tillegg hensyntar diskonteringseffekten, er det rimelig å sette restverdien til null.
- Nyttessiden er ikke verdsatt kvantitativt.

5.2.3 Basiskalkyler

Basiskalkylene for prosjektet er i hovedsak etablert basert på rapporter fra Gassnova, Gassco og Statoil. Det har ikke vært mulig å innhente referansedata fra sammenlignbare prosjekter.

Kvalitetssikrers tilnærming til basiskalkylene har derfor vært gjennom dokumenter og intervjuer å fokusere på estimeringsprinsipper og forhold som er oversett eller ikke tilstrekkelig hensyntatt. Prosessen har ikke avdekket betydelige feil eller mangler, og derfor er foreliggende basiskalkyler akseptert som input til videre usikkerhetsanalyser.

5.2.4 Typer usikkerhet

Følgende typer usikkerhet inngår i usikkerhetsanalysen:

- Estimatusikkerhet er usikkerhet i rater, enhetspriser og mengder, og relaterer seg til de elementer som inngår i prosjektets kostnadsestimat. Denne usikkerheten uttrykkes ved et spenn fra optimistisk, via mest sannsynlige (basis), til pessimistisk verdi. Usikkerheten er vurdert for det enkelte kostnadselement.
- Generelle forhold (usikkerhetsdrivere). Dette er overordnede usikkerheter med effekter for hele eller deler av prosjektet. Denne usikkerheten uttrykkes ved et spenn fra optimistisk, via mest sannsynlige til pessimistisk verdi og modelleres direkte i MNOK eller som prosent av andre sumposter.
- Hendelsesusikkerhet er usikkerhet som en konsekvens av identifiserbare hendelser og relaterer seg til forhold som ikke er direkte hensyntatt i kalkylen, men som kan påvirke prosjektets kostnader. Usikkerheten er knyttet til en sannsynlighet for at hendelsen inntreffer (% sannsynlighet), og konsekvensen (MNOK) uttrykt ved en

sannsynlighetsfordeling. I en tidlig prosjektfase vil det være få identifiserte hendelselementer.

5.2.5 Overordnet kalkyle- og usikkerhetsbetraktning

Basiskalkylene som foreligger er etablert i en tidlig prosjektfase og basert på ulike kilder og estimeringsprinsipper. I konseptvalgutredningen er det i stor grad benyttet +/- 30 % estimatusikkerhet, og dette er også det største spennet som benyttes. Det er også inkludert en korrelasjon på 0,5 mellom alle estimatelementer. Etter kvalitetssikrers vurdering, basert på erfaring med tilsvarende store og komplekse prosjekter, er oppsiden på -30 % altfor optimistisk.

Dagens gasskraftanlegg er dimensjonert med 25 års levetid. Med tilsvarende levetid for et eventuelt renseanlegg vil de to anleggene ha en 'aldersforskjell' på 8 år. Dette medfører at det må påregnes ekstra oppgraderingskostnader for gasskraftanlegget som ikke er inkludert i foreliggende basiskalkyler, og disse vil i prinsippet måtte bæres av renseanlegget.

Det totale prosjektet for CO₂-håndtering er svært stort. Prosjekter av en slik størrelse har ofte vært kjennetegnet ved store kostnadsoverskridelser. Sentrale forklaringer her er gjerne knyttet til at det store omfanget skaper helt særegne styrings- og koordineringsproblemer og at størrelsen og kompleksiteten medfører mye endringsarbeid.

Markedsusikkerheten er generelt stor for prosjekter som skal realiseres flere år fram i tid. Både generelle konjunktursvingninger og spesielle leverandørmarkeder kan til sammen medføre prisvariasjoner på tosifret prosentnivå. Denne usikkerheten er ikke reflektert i konseptvalgutredningen.

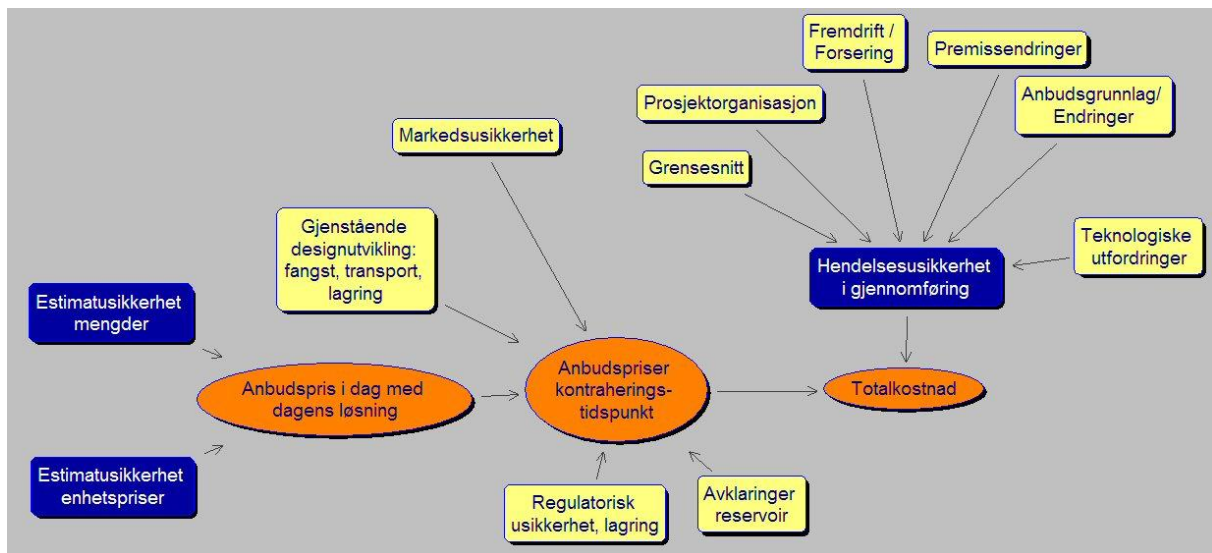
I de senere årene har det i forbindelse med usikkerhetsvurderinger av store, kompliserte prosjekter blitt referert til såkalte 'svarte svaner'. Dette er hendelser som ligger utenfor vanlige forventninger (erfaringer) og som kan ha store konsekvenser. I etterkant kan de gjerne fremstå som 'opplagte'. I et prosjekt som Kårstø CCS er det ikke usannsynlig at det kan inntreffe uønskede hendelser av denne type.

Totalt sett peker dette på at usikkerheten i kostnadene ved foreliggende prosjekt er betydelig større enn det som er presentert i konseptvalgutredningen.

5.3 Usikkerhetsanalyse investeringskostnader

5.3.1 Prinsippskisse og drøfting

I Figur 1 er det vist en skisse av usikkerhetsbildet for investeringskostnadene.



Figur 1 Modellskisse for usikkerhetsanalyse investeringskostnader

Estimatusikkerheten favner usikkerhet i mengder og enhetspriser på dagens skisserte løsninger.

I den videre designutviklingen vil løsningene detaljeres. Dette vil normalt medføre både en oppside (bedre og billigere løsninger) og en nedside (uteglemte forhold, økt kompleksitets-erkjennelse mm). I sum representerer dette elementet nesten alltid en kostnadsøkning. Elementet vil også være forskjellig for de ulike delene av den totale CO₂-løsningen;

- Fangstanlegget er bygd på teknologi (aminer) som er kjent og utprøvd i mindre skala, men ikke i den skala det er snakk om her
- Transportsystemet er bygd på kjent teknologi, men det er utfordringer knyttet til korrosjon og vanninntrengning
- Injeksjonssystemet til geologisk lager bygger på tradisjonelle brønnhodeløsninger, men vil være usatt for de samme korrosjonsutfordringer som transportsystemet. Kostnader knyttet til langtidsovervåking av reservoar som for eksempel boring av avgrensingsbrønner og seismiske undersøkelser vil være beheftet med usikkerhet.

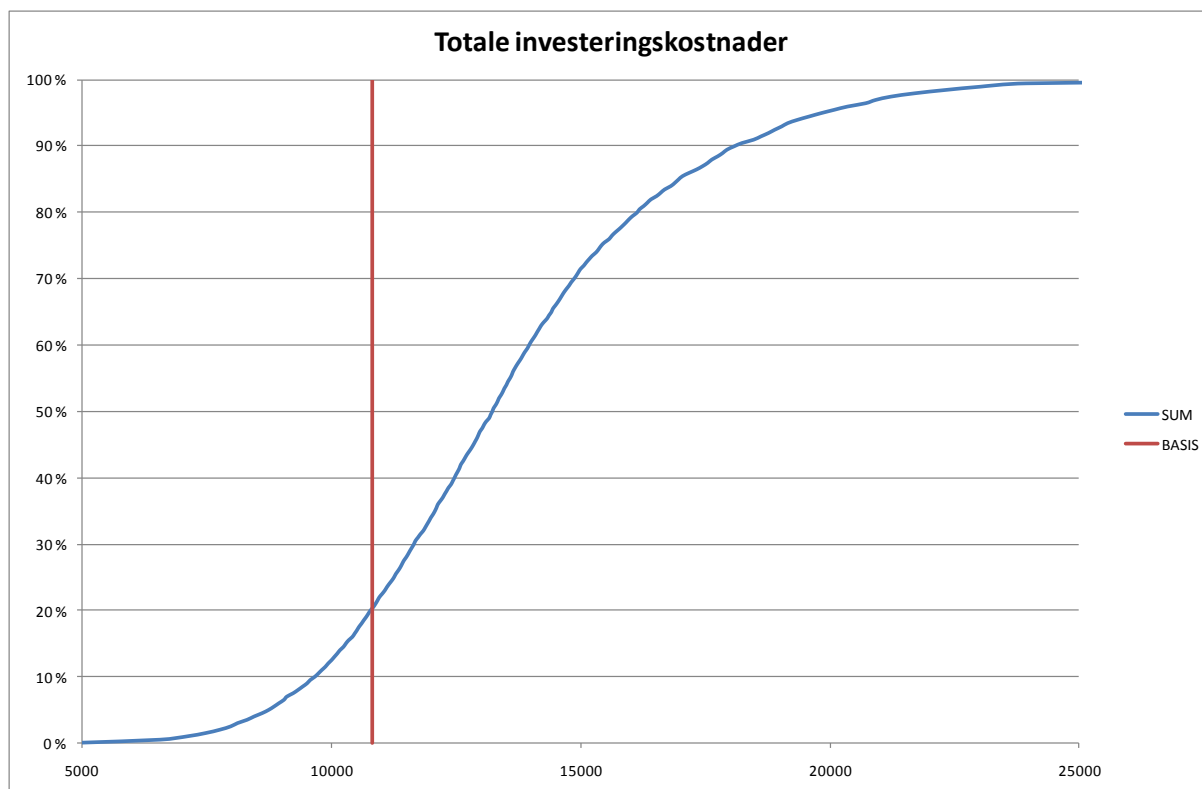
Det er betydelig usikkerhet knyttet til teknologiske og regulatoriske avklaringer for lagring og reservoar. Usikkerheten rundt disse problemstillingene er neppe fullt ut erkjent på områder som sikkerhet for reservoar, overvåking og regulerende myndighet med tilhørende krav og korresponderende kostnadskonsekvenser.

I gjennomføringsfasen vil prosjektet være profilert mot alle de vanlige utfordringene i prosjektgjennomføring, men spesielt bør påpekes:

- Grensesnittene både internt og eksternt vil være mange og dels komplekse, bl.a. med et omfattende interessentbilde
- Prosjektets størrelse og kompleksitet vil stille store krav til prosjektorganisasjonen
- Fremdriften bør i utgangspunktet ikke være kritisk, men kan utvikle seg til det gjennom ulike avtaler og kontrakter
- Det vil være risiko knyttet til endringer i premissene, bl.a. fra myndighetene
- Prosjektet vil med stor sannsynlighet møte betydelige teknologiske utfordringer i gjennomføringsfasen

5.3.2 Resulterende usikkerhetsspenn

Resulterende usikkerhetsspenn for investeringskostnadene er vist i figuren under.



Figur 2 S-kurve investeringskostnader (MNOK, 2008)

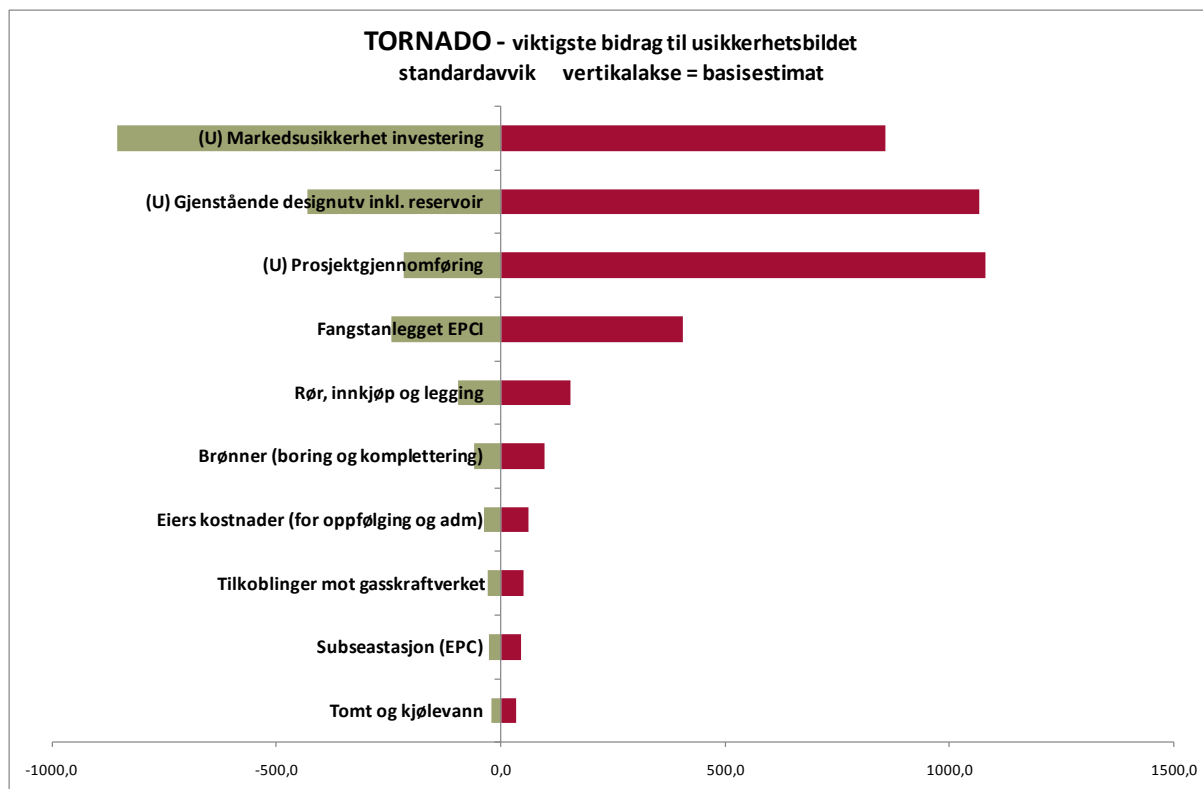
Hovedtall fra analysen er også gitt i tabellen under

Basis		10 804
Forventningsverdi		13 568
	15 %	10 284
	50 %	13 224
	85 %	16 965
Std avvik		25 %
Basis (%)		20 %

Tabell 1 Usikkerhetsanalyse investeringskostnader (MNOK)

5.3.3 Bidrag til usikkerhet

De viktigste bidragene til usikkerheten i investeringskostnadene er vist i Tornadodiagrammet under.



Figur 3 Tornadodiagram investeringskostnader

5.4 Usikkerhetsanalyse driftskostnader

5.4.1 Driftsmønster

Driftsprofilen til gasskraftverket er omtalt i kapittel 4.3.1, der det ble påpekt at usikkerheten er stor. Anlegget vil kunne være ute av drift i lengre perioder, men også bli kjørt i lengre perioder. I modellen er det derfor inkludert mulighet for drift hele året (med en viss sannsynlighet), ikke drift overhode et helt år (med en viss sannsynlighet) og drift i deler av året.

5.4.2 Driftskostnader

Kostnadene til drift av fangstanlegget dominerer kostnadsbildet. For fangstanlegget er det viktig å skille mellom faste og variable kostnader. For transport og lagring er kostnadene stort sett faste.

Som nevnt i kapittel 5.2.3 gir driftskostnadene og tilhørende usikkerhet presentert i konseptvalgutredningen en tilfredsstillende beskrivelse av disse kostnadene. Det er imidlertid et betydelig usikkerhetsmoment som ikke er reflektert i konseptvalgutredningen: Innenfor angitt levetid for prosjektet, kan det tenkes at CO₂-lagringen kommersialiseres (se også kapittel 5.8). Dette kan medføre at det må betales en enhetspris for lagret CO₂. En vurdering av denne prisen vil imidlertid per i dag være vanskelig og dels spekulativ, og elementet er derfor ikke inkludert i den videre analysen.

5.4.3 Resulterende usikkerhetsspenn

Forventningsverdi	7 195
15 %	5 852
50 %	7 120
85 %	8 533
Std avvik	18 %

Tabell 2 Usikkerhetsanalyse driftskostnader (nåverdi, MNOK)

5.5 Kostnad per tonn CO₂

I KVVU er kostnadene per tonn fanget CO₂ vist. Dette er imidlertid ikke nødvendigvis en relevant parameter som beslutningsgrunnlag ettersom selve fangstprosessen er energikrevende og gir egne utslipp. Det interessante er netto mengde unngått CO₂. En tilnærming til dette kan være å multiplisere kostnadene med en faktor > 1.

Usikkerheten i kostnad per tonn CO₂ er en funksjon av både usikkerheten i kostnadene og usikkerheten i mengde fanget CO₂, og usikkerhetsspennet blir derfor betydelig som vist i tabellen under. Den alternative beregningen med faktor 1.2 er bare ment som en indikativ illustrasjon av drøftingen i foregående avsnitt.

Faktor fanget/unngått	1,0	1,2
Forv. Verdi	2 066	2 480
15 %	1 577	1 892
50 %	1 978	2 373
85 %	2 569	3 083
std avvik	26 %	26 %

Tabell 3 Usikkerhetsanalyse kostnad per fanget/unngått tonn CO₂ (NOK/tonn)

5.6 Samfunnsøkonomisk analyse

5.6.1 Innledning

Beregningene i foregående delkapitler er basert på de totale, reelle kontantstrømmene. I en samfunnsøkonomisk analyse skal det skilles mellom usystematisk og systematisk usikkerhet, og det tilkommer skattekostnad.

Gasskraftanlegget uten rensing vil etter 2012 måtte regne med å betale fullt ut for CO₂-utslipp. I den 'differanse'-modellen som rensianlegget representerer, vil verdien av fanget CO₂ være en inntekt for rensianlegget.

5.6.2 Usystematisk og systematisk usikkerhet

Foregående analyse (forventningsverdier) inkluderer både usystematisk og systematisk usikkerhet. I samfunnsøkonomisk analyse skal bare systematisk usikkerhet inkluderes. Det meste av usikkerheten i foreliggende nåverdiberegninger er usystematisk. Det eneste signifikante bidraget til systematisk usikkerhet er markedsusikkerheten (generell

markedsutvikling). Den endelige samfunnsøkonomiske nåverdianalysen beregnes derfor basert på forventningsverdier på alle elementer unntatt markedsusikkerhet

5.6.3 Kvotepriiser CO₂

Det er stor usikkerhet knyttet til framtidige kvotepriiser, som påvist i konseptvalgutredningen. I prinsippet kan denne usikkerheten modelleres med et svært stort usikkerhetsspenn, men en slik tilnærming kan forkuldre mer enn den belyser. Etter kvalitetssikrers oppfatning er derfor prisbanene som er inkludert i konseptvalgutredningen en fornuftig modellmessig tilnærming, siden det er enkelt å teste sensitiviteten på elementet isolert sett.

5.6.4 Resultat

Vår samfunnsøkonomiske analyse viser en forventet nåverdi på ca. -21 000 MNOK.

5.7 Kommentarer til resultater

I våre analyser er det bare inkludert direkte, monetære verdier. Disse er totalt dominert av kostnadssiden.

Usikkerheten i forutsetninger og inngangsparametre er svært stor. I tillegg er det i foregående delkapitler påpekt enkelte usikkerhetsforhold som ikke er (fullt ut) kvantifisert

- 'Svarte svaner', se kap. 5.2.5
- Teknologiske og regulatoriske avklaringer for lagring og reservoar, se kap. 5.3.1
- Kommersialisering av CO₂-lagring, se kap. 5.4.2
- Kvotepriiser CO₂, se kap. 5.6.3

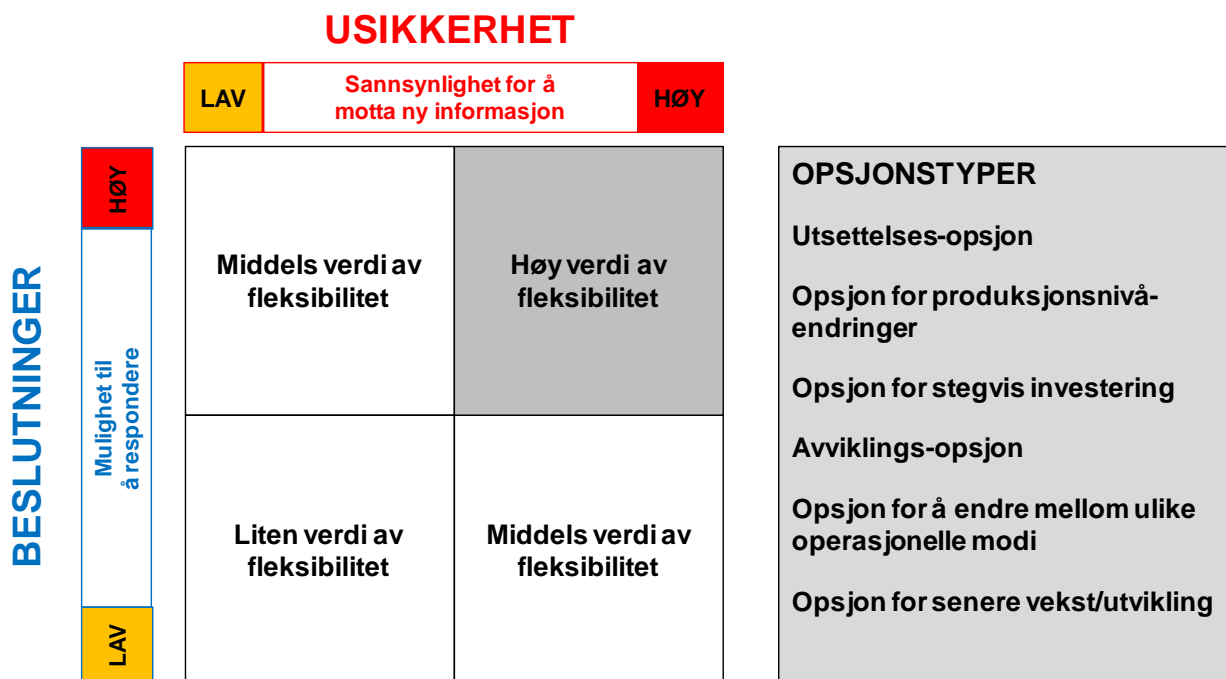
Den totale usikkerheten må derfor antas å være større enn de analyseresultatene som er presentert i foregående delkapitler. Etter kvalitetssikrers oppfatning, er det vanskelig å se at resulterende verdi på samfunnsøkonomisk nåverdi vil kunne avvike mye i positiv retning fra beregnet forventningsverdi -21 000 MNOK. Usikkerheten vil heller trekke i negativ retning og kan være betydelig i enkelte 'worst case'-scenarier.

Prosjektet kan dermed bare forsvares dersom det kan påvises svært store, ikke-kvantifiserbare nytteeffekter, se kapittel 5.8 og kapittel 6.

5.8 Realopsjoner

Den samfunnsøkonomiske analysen er gjennomført for ett valgt alternativ/variant mht.løsninger og tidsplaner. I tillegg bør det drøftes hvorvidt mer fleksible løsninger og gjennomføringer kan gi merverdi.

Verdien av fleksibilitet (realopsjoner) er generelt sett nært knyttet til tre viktige forutsetninger: (1) Det må være stor usikkerhet knyttet til sentrale forhold i prosjektet. (2) Denne usikkerheten vil avklares etter hvert og (3) en vil kunne respondere adekvat på denne avklarte usikkerheten. Se figur under.



Figur 4 Realopsjoner (Verdi av fleksibilitet)

Usikkerheten kan både være av typen milepælsusikkerhet og mer kontinuerlig. I foreliggende alternativanalyse er det ingen sentrale forhold av type milepælsusikkerhet. Bare noen få av opsjonstypene vist i Figur 4 er relevante for en drøfting her:

- **Utsettelses-opsjon**
Ved å utsette prosjektet vil en kunne vente på ny teknologi, samordne transport og lagring, og antageligvis få en sikrere informasjon om hvordan kvoteregimer vil utvikle seg. Verdien av denne opsjonen er imidlertid begrenset av parallelle prosjekter (Mongstad) og det faktum at en dominerende andel av kostnadene til investering og drift er knyttet til fangstanlegget
- **Opsjon for endret produksjonsnivå**
Det kan ligge en opsjonsverdi i å investere i overkapasitet på rørsiden med større diameter. Dette er imidlertid drøftet i konseptvalgutredningen og potensialet i opsjonen vil ikke på noen måte forsvare den negative nåverdien i foreliggende alternativ
- **Opsjon for senere vekst/utvikling**
Denne opsjonen har dels overlapp med foregående, men har også en helt annen dimensjon: Det er påpekt at Nordsjøen kan bli lagringsplass for CO₂ fra hele Europa, og dette er sagt å kunne bli en industri og inntektskilde for Norge av store dimensjoner. Det foreliggende prosjektet kan i en slik sammenheng ha en svært stor opsjonsverdi ved at det baner vei for, og verifiserer, en slik utvikling. Mot dette kan det hevdes at dette også vil dekket av andre, planlagte prosjekter (Mongstad CCS).

Vi finner det ikke relevant å gjennomføre kvantitative realopsjonsberegninger, da opsjonsverdiene enten er relativt beskjedne eller beregningene vil være så omfattende og usikre at de med fordel kan erstattes av de kvalitative drøftingene over.

6 VURDERING AV IKKE-KVANTIFISERBARE EFFEKTER

6.1 Innledning

I dette kapitlet gjør vi en vurdering av de ikke-prissatte virkningene av tiltaket. I tråd med normal KS1-metodikk vurderer vi her i hvilken grad de ikke-prissatte virkningene bidrar til å oppfylle effektmålene for tiltaket.

Som en følge av at det ikke foreligger noe alternativt konsept til det foreslåtte tiltaket ut over nullalternativet, er analysen begrenset i forhold til det som er vanlig i KS1-sammenheng. Det er kun gjort en vurdering for det valgte alternativet (jf. kapittel 4.4), og i den grad det er relevant, også for nullalternativet (jf kapittel 4.3).

6.2 Vurdering av ikke-prissatte nyttevirksomheter

Vi viser til effektmålene i kapittel 3. Disse brukes i den samfunnsøkonomiske analysen for å vurdere nyttevirksomheter av tiltaket, der det ikke er mulig å beregne prissatte virkninger. En sentral egenskap ved effektmålene er at de skal kunne tjene som kriterier for å rangere alternativene.

Som omtalt i kapittel 3.2.3, er det kun de to første av i alt fire effektmål som kan utledes av samfunnsmålet. De to andre kan ikke det, og må betraktes som krav til tiltaket. Vi har likevel valgt å ta med også disse i vurderinger av ikke-prissatte effekter.

I en ordinær KS1-analyse ville det vært relevant både å supplere og konkretisere effektmålene. Dette har vi vurdert som lite relevant for foreliggende analyse på grunn av vår grunnleggende kritikk av behovsanalysen. Det er for øvrig etter vår vurdering uheldig at analysen av de ikke-prissatte effektene i konseptvalgutredningen gjøres ved anvendelse av et sett av kriterier som ikke sammenfaller med effektmålene.

I tabellen under har vi sammenstilt effektmålene og de ikke-kvantifiserbare nytteeffektene. Vi har i tillegg kort kommentert disse i forhold til valgte alternativ (kalt M15-alternativet) og nullalternativet.

Effektmål	Ikke-prissatte effekter	Vurderinger
<p>Effektmål 1</p> <p>Etablere en <i>effektiv og helhetlig</i> løsning for fangst, transport og lagring av CO₂ fra gasskraftverket på Kårstø.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Bidra til teknologiutvikling innen fullskala fangst, transport og lagring 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <u>Fangsteknologi:</u> Gjennomføring i løpet av de nærmeste årene fordrer bruk av allerede utprøvd teknologi. Fangsteknologi vil ikke bli videre utviklet, men vil måtte bygges i mye større skala enn tidligere. <u>Transport:</u> Igjen forutsettes bruk av utprøvd løsninger. Ingen nyutvikling forventes her, men tiltaket vil gi ytterligere erfaring med CO₂ transport gjennom lange undervanns rørledninger. <u>Lagring:</u> Tiltaket vil representere et nytt mulig case for studier omkring overvåking av CO₂ i reservoar, men ingen valg er tatt ift. dette. <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> En utsettelse av tiltaket til senere kan åpne for forbedrede teknologiske løsninger og lavere kostnader.
<p>Effektmål 2</p> <p>Utvikling av <i>fremtidsrettet og sikker</i> teknologisk løsning for fullskala CO₂-håndtering.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Signaleffekter ved å demonstrere at fullskala CO₂-håndtering er gjennomførbart og trygt. 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Signalverdien vil avhenge av kvaliteten på hele CO₂-håndteringskjeden, inkl kostnad per tonn CO₂. Negative signaleffekter om man ikke lykkes, f. eks ved ekstreme kostnader eller store problemer og forsinkelser. Dersom CCS skal bli en suksess for Norge, er det viktig at første fullskala anlegg blir vellykket. Tilsvarende eller bedre signaleffekt kan trolig oppnås ved Mongstad-prosjektene. Marginalnytt av Kårstø-tiltaket blir da liten. Lagring og transport av CO₂ gjennomføres i dag i betydelig omfang på hhv. Sleipner og Snøhvitfeltet. Dette dreier seg om fullskala CO₂-håndtering der kvaliteten på håndteringen – herunder lagringssikkerhet

		<p>- allerede i dag kan studeres.</p> <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • En utsettelse vil gi muligheten for mer kunnskap og erfaring om sikkerhet i forhold til aminbasert fangstteknologi • Vil bidra til at Mongstad kan gis full oppmerksomhet og god tilgang på knappe ressurser.
<p>Effektmål 3</p> <p>Tilrettelegge for transport og geologisk lagring av ytterligere volumer av CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tilrettelegge for transport og lagring av ytterligere volumer enn fra Naturkrafts anlegg 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Gitt stor nok rørdimensjon, vil det være kapasitet til å transportere ytterligere CO₂-volum fra Naturkrafts anlegg. Dette vil være en potensiell nytteeffekt for andre nærliggende punktutslipp som vil kunne implementere CO₂-håndtering på en rimeligere måte enn å måtte etablere egen løsning for transport og lagring. Nyttien er svært usikker, da det så langt ikke er konkrete planer for rensing av andre punktutslipp i området. <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan få en bedre oversikt over behovet, som igjen vil gjøre dimensjoneringen mer treffsikker.
<p>Effektmål 4</p> <p>Sikre fleksibilitet for mulig fremtidig bruk av CO₂-strømmen til økt oljeutvinning</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Potensielt bidrag til økt oljeutvinning på norsk sokkel 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pr i dag er det ingen etterspørsel etter CO₂ til økt oljeutvinning (EOR) på norsk sokkel. Det er også tvilsomt om dette vil bli aktuelt i fremtiden. <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vil i fremtiden gi bedre oversikt over om dette er et behov som kan oppstå hos ett eller flere oljeselskaper.

Ytterligere kommentarer:

For ytterligere kommentarer omkring tiltakets egnethet med hensyn til utvikling og modning av ulike elementer av en teknologisk løsning for CO₂-håndtering, se rapportens del II, kapittel 8.

Andre ikke-prissatte effekter

Annet	Ikke-prissatte effekter	Vurderinger
	<ul style="list-style-type: none"> Stimulere til videreutvikling av leverandørindustrien 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Stimulere til videreutvikling av leverandørindustri på områder relatert til bygging av store industrielle anlegg, samt bidra til videreutvikling hos i hvert fall én leverandør av CO₂-fangstanlegg samt leverandører knyttet til CO₂-transport og injeksjon Gjennomføres Kårstø CCS og Mongstad CCS parallelt, vil det lett oppstå knapphet på ressurser med riktig kompetanse hos leverandørene. Leverandørindustrien er internasjonal så tiltaket vil kunne bidra til å utvikle aktuell leverandørindustri i andre land like mye som norske bedrifter. <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Ingen effekt på leverandørindustrien fra Kårstø CCS, men Mongstad-prosjektene forventes uansett å kunne ha en slik effekt
	<ul style="list-style-type: none"> Stimulere norsk næringsutvikling innen CO₂-fangst, transport og lagring 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Kompetanse og teknologi kan bli en norsk eksportvare
	<ul style="list-style-type: none"> Strengere internasjonale klimaavtaler 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Det antas at tiltaket vil ha en ytterst moderat påvirkning på ambisjonsnivået i kommende klimaavtaler. <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Vil ikke ha noen påvirkning på fremtidige klimaavtaler. Fangstteknologi utvikles uansett både ved Mongstad og andre steder i verden.
	<ul style="list-style-type: none"> Økt internasjonal energisikkerhet 	<p><u>M15-alternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Gitt relativt lav vekst i energitilførselen fra fornybare kilder, vil CO₂-håndtering fra fossile kraftverk kunne spille en viktig rolle for sikker lav-karbon energiforsyning i tiårene som kommer. Dette tiltaket alene anses derimot ikke å ha betydning for

	<p>internasjonal energisikkerhet.</p> <ul style="list-style-type: none"> • CCS øker brenselforbruket og kan således også gi et visst bidrag til press på forsyningssikkerheten <p><u>Nullalternativet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingen merkbar påvirkning på internasjonal energisikkerhet. Andre tiltak vil uansett bringe CO₂-håndtering framover.
--	--

Våre vurderinger

Det er vår vurdering at ikke-kvantifiserbare effekter knyttet til utvikling og modning av teknologi vil være relativt beskjedne ved dette tiltaket, gitt at teknologisenteret på Mongstad allerede er under bygging og dersom beslutning om Mongstad fullskala CCS med CO₂-håndtering fra Energiverk Mongstad ifølge gjennomføringsavtalen fra 2006 tas i 2012.

Det vurderes som viktig for utviklingen av teknologi for CO₂-håndtering at det etableres et integrert anlegg i full skala for CO₂-håndtering fra eksosgass. Hvis Kårstø skulle bli ferdigbygd før fullskalaanlegget ved Mongstad, vil det ha en læringseffekt mht. oppskalering og integrasjon av ulike teknologielementer i CO₂-håndteringskjeden i full skala.

Som vi påpeker i rapportens del II (kapittel 8) mener vi imidlertid at å igangsette videre planlegging nå av Kårstø ikke er det beste alternativet for etablering av fullskala anlegg med hensyn til utvikling og modning av aktuelle teknologier.

Innovasjons- og næringsutviklingspotensialet i større utbyggingsprosjekter kan være betydelig. Man må forvente at et tiltak av den størrelse som Kårstø CCS representerer vil kunne ha stor betydning for nasjonale leverandører med kompetanse knyttet til etablering av store industrielle anlegg. Også når det gjelder utvikling av leverandører av CO₂-fangstteknologi, vil tiltaket kunne ha effekt, om enn primært for den ene leverandøren som måtte få kontrakten, norsk eller utenlandsk.

Innovasjons- og næringsutviklingspotensialet innenfor CO₂-fangst vil ikke være spesielt rettet mot norske bedrifter. Eksempelvis er det kun Aker Clean Carbon (ACC) som er aktuell som norsk leverandør av fangstteknologi til Kårstø. Dersom valget ikke skulle falle på ACC, vil hovedeffekten av teknologiutviklingen komme en utenlandsk leverandør til gode.

6.3 Vurdering av ikke-prissatte kostnader

Fangstanlegget vil gi utslipp til sjø (tunneldrift og deponering av sprengstein i anleggsfasen, og kjølevann i driftsfasen). Tiltaket vil gi støy både i anleggs- og driftsfasen. Videre vil avfall og fysiske inngrep i naturen også være en del av de ikke-prissatte kostnadene. Disse forholdene er behandlet i Gassnovas konsekvensutredning 30.1.09¹.

¹ Konsekvensutredningen bygger igjen på egne utredninger

Blant de temaene som er behandlet i konsekvensutredningen og gjengitt i konseptvalgutredningen som ikke-prissatte samfunnsøkonomiske kostnader², har enkelte større usikkerhet og høyere kostnader knyttet til seg enn andre.

Vi har valgt å se på enkelte temaer som vi mener kan ha viktige ikke-prissatte kostnader.

Utslipp til luft fra fangstanlegget:

- Helse- og miljømessige konsekvenser av utslipp av aminer og reaksjonsprodukter.

Miljøkonsekvenser ifm. injeksjon i deponi:

- Internasjonale avtaler for deponering av CO₂, herunder EUs lagringsdirektiv.
- Risikoaspekter ved deponi knyttet til teknologiske utfordringer ved lagring.

I dette avsnittet omtales kort status og eventuelt nye saksforhold som kan ha relevans for vurderingen av nivået på ikke-prissatte kostnader.

6.3.1 Utslipp til luft fra fangstanlegget

Omtalen i konsekvensutredningen

I konsekvensutredningen anses bruk av aminbasert fangstteknologi som mest aktuelt. Absorpsjonstårnet for CO₂-fangst vil gi utslipp av aminer fra absorpsjonsløsningen (1ppm/43 tonn pr år ved full drift). Aminer har kompliserte reaksjonsmønstre, noe som gjør det vanskelig å forutsi nedbrytingsproduktene. Studier som er utført identifiserer nitrosaminer og nitraminer som potensielle reaksjons- og nedbrytingsprodukter med spesiell interesse i forhold til konsekvenser for helse og miljø.

I konsekvensutredningen heter det:

"Kunnskapsgrunnlaget vedrørende dannede mengder og helseeffekter av reaksjonsprodukter er mangelfullt. Ut fra foreliggende informasjon om helseeffekter og beregnede maksimale månedsmiddelkonsentrasjoner i luft antas det at CO₂ fangstanlegget ikke vil føre til skadelig langtidseksponering av aminer. Nitrosaminbidrag til luft er trolig innenfor et akseptabelt nivå. Det er imidlertid ikke gjort egne sprednings- og avsetningsberegninger for nitrosaminer eller nitraminer, og det kan ikke utelukkes at avsetning av nitrosaminer kan være en relevant problemstilling i forhold til forurensing av lokale drikkevannsressurser".

Vår vurdering

I etterkant av konsekvensutredningen har CLIMIT støttet forskningsprosjekter som spesielt studerer nedbrytning av aminer i møte med lys og luft. Blant annet er et slikt forskningsprosjekt gjennomført i Valencia i Spania sommeren 2009. Foreløpige resultater fra dette prosjektet gir fortsatt ikke et klart svar omkring aminstoffnedbrytning³.

² Jf. kapittel 6.6

³ Jf telefonsamtale med CLIMIT v/Erik Gjernes, november 2009.

I forhold til effektmål 2 om "å utvikle en framtidsrettet og sikker teknologisk løsning for fullskala CO₂ – håndtering" er det behov for ytterligere kunnskap og videre verifisering av konsekvenser for luft og drikkevannsressurser knyttet til utslipp av aminer.

6.3.2 Miljøkonsekvenser av injeksjon av CO₂ i deponi

Omtalen i konsekvensutredningen

Miljøkonsekvensene er knyttet til lagringssikkerheten og forvaltningsregimet i forbindelse med deponering av CO₂ under havbunnen, jf det nasjonale og internasjonale avtaleverket. Det er reist spørsmål ved sikkerheten i forhold til mulig lekkasje fra geologisk lager. Videre stilles det spørsmål om det internasjonale juridiske avtaleverket åpner for å deponere CO₂ i Nordsjøen og hvilke ansvarsforhold Norge pådrar seg i forbindelse med deponiet⁴.

Injeksjon av CO₂ i en underjordisk formasjon i Nordsjøen krever konsesjon fra Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF)⁵, og KLIF har krevd en konsekvensutredning. Gassnovas konsekvensutredning konkluderer med at: "installasjon på havbunnen blir vurdert som akseptabel, gitt praksis fra petroleumsindustrien. Eventuell lekkasje fra deponi vil ikke gi akutt forurensingsfare".

Selv om en lekkasje ikke vil gi en akutt forurensingsfare, kan selv et lite utslipp true hele konseptet med geologisk lagring av CO₂ ettersom dette baseres på at lagret CO₂ holder seg i den aktuelle geologiske formasjonen i hundrevis av år.

Det er ikke funnet forhold som vil forårsake et vesentlig risikobidrag for mennesker, miljø og investeringer som allerede er til stede i området. Imidlertid omtaler konsekvensutredningen muligheten for at injeksjonsbrønnen "låser seg" og en må bore ny brønn. Som en følge av regjeringens vedtak om å stoppe anskaffelsesprosessen på Kårstø er Gassnovas konsekvensutredning ikke sendt på høring.

Konseptvalgutredningen vurderer verken ufullstendige internasjonale avtaler eller usikkerhet knyttet til lagring under havbunnen av CO₂ fra renseanlegget på Kårstø som ikke-prissatte kostnader.

Lagringssikkerhet; risiko og teknologiske utfordringer

Det er uenighet mellom ulike fagmiljøer om hvilken usikkerhet man står overfor ved lagring av CO₂ under havbunnen. Professor Peter Haugan, fra Geofysisk Institutt ved Universitetet i Bergen, hevder blant annet at det pr. i dag ikke finnes målemetoder som kan påvise at lagret CO₂ holder seg på plass og mener at det er en reell fare for lekkasje under og etter pumpingen av CO₂ til lagringsstedet. Haugan hevder videre at hvis norsk sokkel blir lagringsplass for hele Europa kan det miljømessige og økonomiske ansvaret havne på norske myndigheter, og ikke på de selskapene som injiserer CO₂ i undergrunnen.

Haugans påstander blir imøtegått av sjefsforsker Erik Lindeberg, fra SINTEF⁶ som bl.a. peker på at den planlagte CO₂-injisering likner på dagens måte for å utvinne olje, at Utsira-

⁴ Professor i geofysikk Peter Haugan, UiB, kronikk i Stavanger Aftenblad 25.8.2008

⁵ Statens forurensningstilsyn (SFT) endret i januar 2010 navn til Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF).

⁶ Kronikk Stavanger Aftenblad 19. januar 2009

formasjonen gjennom seismiske studier er en godt utforsket formasjon og at lagringsovervåking som kan gjøres fra overflaten med geofysiske metoder er gode. En følsomhetsberegning viser i følge Lindeberg at en vil kunne oppdage en akkumulasjon av CO₂ på 4000 m dersom CO₂ trenger inn i forseglingen. Dette vil i seg sjøl være tilstrekkelig for å kunne sette inn effektive tiltak tidlig nok for å forhindre lekkasje til overflaten. Overvåkingsmetodene er i følge Lindeberg gode nok til å iverksette planene om CO₂-lagring i stor skala på de mest sikre stedene.

Statoil hevder også at studier fra CO₂ lagringen på Sleipner viser at den injiserte CO₂ oppfører seg som forutsatt i Utsira-formasjonen⁷.

Forvaltningsregime og internasjonalt regelverk for CO₂- lagring

Det relevante regelverket som skal sikre at lagring av CO₂ gjennomføres på en miljømessig sikker måte er hhv; Londonprotokollen, EU-s lagringsdirektiv og OSPAR-konvensjonen for det Nord-østlige Atlanterhav.

Londonprotokollen

Londonprotokollen er en global konvensjon som regulerer disponering av avfall og annet materiale til havs. Et omfattende rammeverk som sikrer at lagring av CO₂ gjennomføres uten fare for lekkasje til havmiljøet er tidligere vedtatt i regi av konvensjonen. Etter forslag fra Norge vedtok partsmøtet 30. oktober 2009 å åpne for at CO₂ kan eksporteres til andre land for lagring i underjordiske formasjoner. Med dette vedtaket vil ikke lenger Londonprotokollen være til hinder for eksport av CO₂ over landegrensene for lagring. Dette betyr bl.a. at CO₂ fra fangsanlegg i Europa eller andre steder i verden vil kunne sendes til Norge for lagring for eksempel i Nordsjøen. De vedtatte endringene vil tre i kraft når 2/3 av konvensjonens parter har ratifisert disse.

EU-s direktiv 08/0015

EUs direktiv om geologisk lagring av CO₂ (2008- 0015) forventes inntatt i EØS-avtalen i løpet av kort tid, og Norge vil da være bundet av EU-direktivet. Lagring av CO₂ må gjennomføres i samsvar med de miljøkrav EU-direktivet stiller, herunder krav til valg av sikre lagringssteder, CO₂-strømmens sammensetning, overvåkingsprogram, plan for avbøtende tiltak og rapportering. De eksisterende lagringsprosjekter, herunder lagring av CO₂ fra Sleipner og Snøhvit, skal være i samsvar med direktivets krav innen 3 år (dvs. i 2012).

OSPAR-konvensjonen

Endringene i OSPAR-konvensjonen, som var nødvendige for å tillate geologisk lagring av CO₂ som ikke er direkte knyttet til petroleumsvirksomhet, ble vedtatt i 2007. Endringen har imidlertid ennå ikke trådt i kraft, da et tilstrekkelig antall land ikke har ratifisert endringene. Miljøverndepartementet antar at endringene skal tre i kraft i løpet av et års tid. Per i dag inneholder OSPAR-konvensjonen fortsatt juridiske skranker for ren lagring av CO₂.

⁷ Børge Rygh Sivertsen, Leader New Energy Statoil, Forskerseminar, SSB, 18. oktober 2009

Vår vurdering

Det kan ta tid før de nødvendige ratifikasjonene av avtalene om deponi av CO₂ er gjort. Erfaringsvis tar ratifikasjon "noen år". EUs egne CO₂-fangst prosjekter (demonstrasjonsprosjekter) vil ventelig bidra til forgang i ratifikasjon. Vi legger derfor til grunn at det internasjonale regelverket ikke vil være til hinder for lagring av CO₂ på havbunnen. Det anses således ikke å være til hinder for å oppnå effektmål 3: *"Tilrettelegge for transport og geologisk lagring av ytterligere volumer av CO₂"*

Hvorvidt sikkerhetsaspektet i forbindelse med lagring er i overensstemmelse med effektmål nr.2 om å "utvikle en framtidsrettet og sikker teknologisk løsning for fullskala CO₂ håndtering" er noe uavklart. Det er fortsatt faglig uenighet om sikkerheten ved lagring av CO₂ under havbunnen.

DEL II

I denne delen av rapporten vurderer vi hvor godt det aktuelle tiltaket (Kårstø CCS) svarer på behovene som er definert i behovsanalysen i konseptvalgutredningen. Som beskrevet i kapittel 2 gir ikke behovsanalysen grunnlag for et samfunns mål som begrenser konseptvalget til varianter av CO₂-håndtering ved gasskraftverket på Kårstø.

I kapittel 7 vurderer vi tiltaket opp mot mulige alternative tiltak for å møte behovet for reduksjon av globale klimagassutslipp. I kapittel 8 vurderer vi tiltaket med hensyn til behovet for modning av en teknologisk løsning for CO₂-håndtering.

7 ALTERNATIVE KLIMATILTAK

7.1 Innledning

Hvilken betydning har CCS-Kårstø med hensyn til behovet for reduksjon av globale utslipp av klimagasser? Spørsmålet kan omformuleres til å vurdere hvor godt Kårstø CCS er som klimatiltak sammenlignet med alternative tiltak for reduksjon av CO₂-utslipp.

For å svare på spørsmålet tar vi utgangspunkt i data som presenteres i DG2-rapporten fra Gassnova samt fra konseptvalgutredningen og tilgjengelige tiltaksanalyser fra daværende SFT - nå Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) og nyere forskningsrapporter om kostnader ved CO₂ fangst⁸. Tiltaksanalysene fra KLIF vurderer en rekke ulike tiltak, men har ikke eksplisitt vurdert kostnadene ved CO₂-fangst fra gasskraftverket på Kårstø.

Vi har tilstrebet en kort, oppsummerende form. I vedlegg gis en noe videre beskrivelse av CO₂-håndtering fra gasskraftverket på Kårstø som klimatiltak, herunder oversikter av beregnede tiltakskostnader ved ulike klimatiltak.

7.2 Klimatiltak og kostnadseffektivitet

I klimapolitikken må en avveie innsatsen mellom nasjonale og internasjonale tiltak. Stortinget har fastsatt mål for de nasjonale klimagassutslippene. I den videre innenlandske prioriteringen er det derfor sentralt å beslutte hvordan og innenfor hvilke sektorer vi skal gjennomføre de nasjonale utslippskuttene. NOU 2006: 16 Et klimavennlig Norge (Randersutvalget) og de etterfølgende Stortingsmeldingene er de sentrale referansene og begrunnelsene for den nasjonale innsatsen.

Blant økonomer er det bred enighet om at et sentralt virkemiddel for å nå målene i klimapolitikken er å få økt prisene på klimagassutslipp. For å begrense utslippene av CO₂ kan en øke karbonprisen gjennom høyere avgifter på bruk av fossilt brensel eller ved å øke

⁸ Studier fra CO₂-fangst fra både kullkraftverk, gasskraftverk og fra industrianlegg.

prisen på kvoter for CO₂-utslipp. En økonomisk betraktning tilsier at bedriftene vil gjennomføre klimatiltak som har marginalkostnad opp til forventet kvotepris.

Det vil imidlertid ta tid å få økt karbonprisene tilstrekkelig til å nå de fastsatte klimamålene. Når det av ulike grunner ikke er politisk mulig å avgiftsbelegge klimautslippene nok til å oppnå de ønskede klimareduksjonene, må det i tillegg gis støtte til andre typer klimatiltak. Dette gjøres da også i norsk klimapolitikk i dag. Men også for de ulike mindre støttetiltakene må målet være å oppnå størst mulig utslippsreduksjoner for de midler som stilles til rådighet.

De ulike klimareducerende tiltakene må rangeres i henhold til forhold som *politisk gjennomførbarhet* og *kostnader* pr tonn unngåtte klimagassutslipp. For å velge mellom ulike tiltak er det innledningsvis naturlig å starte med å sammenligne *tiltakskostnadene*, som er en beregnet størrelse for hvor mye det vil koster å redusere en enhet (oftest tonn) CO₂ ved ulike tiltak⁹. For Kårstø CCS skal tiltakskostnadene beregnes som årlige kostnadsannuiteter basert på anleggets økonomiske levetid dividert på årlig kvantum unngått CO₂. Hovedregelen er at de prosjektene som har de laveste kostnadene i forhold til den nytte de gir bør gjennomføres først. I sammenligninger mellom ulike typer tiltak framstilles dette ofte grafisk i form av såkalte kostnadskurver.

I konseptvalgutredningen savnes en analyse og drøfting av norske klimatiltak som ledd i å begrense de globale og nasjonale CO₂-utslippene, og en sammenligning av kostnadene pr. enhet unngått CO₂ for et fangstanlegg på Kårstø i forhold til andre mulige innenlandske klimatiltak. I konseptvalgutredningens kostnadsanalyse har en ikke eksplisitt referert til eller drøftet kostnadene ved alternative tiltak som kan bidra til å redusere klimautslipp.

Konseptvalgutredningen kunne for eksempel vist til at KLIF (tidligere SFT) gjennom mange år har presentert flere studier og rapporter som sammenlignet kostnadene ved ulike tiltak for å redusere norske CO₂-utslipp. KLIF ledet også arbeidet i etatsgruppen Klimakur 2020 som har foreslått konkrete virkemidler for Regjeringen for å nå de klimapolitiske målene. Det ville vært naturlig om konseptvalgutredningen trakk inn KLIFs tiltaksanalyser i en drøfting av kostnader ved karbonfangst fra gasskraftverket på Kårstø.

Vi oppfatter det altså som en svakhet ved konseptvalgutredningen at den ikke drøfter alternative tiltak for å redusere globale klimagassutslipp. I de følgende avsnittene gjengir vi noen hovedresultater fra internasjonale og nasjonale analyser av tiltakskostnader ved CO₂-fangst.

7.3 Globale utfordringer og nasjonale virkemidler i klimapolitikken

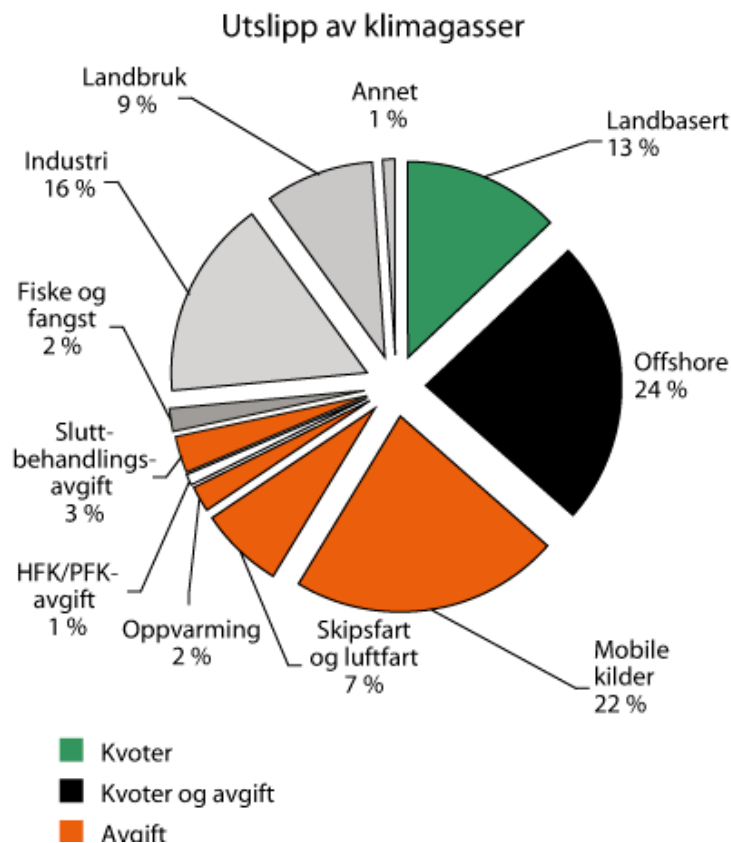
Klimautfordringene er globale og uavhengige av hvor utslippene av klimagasser skjer. En løsning på klimaproblemet krever derfor globale avtaler. Kyotoprotokollen (og eventuelt senere internasjonale avtaler) legger et tak på hvor store klimagassutslipp Norge kan ha.

Som nevnt er det et naturlig utgangspunkt at Norge gjennomfører sine mål og forpliktelser innenfor Kyotoavtalen på en kostnadseffektiv måte. I tillegg er tids- og styringseffektivitet og fordelingshensyn sentralt ved utformingen av virkemidlene. Vi konsentrerer oss i det følgende først og fremst om prinsippet om kostnadseffektivitet.

⁹ Se vedlegg 1 for en nærmere definisjon og diskusjon av tiltakskostnader. Benevnes ofte også som rense- eller reduksjonskostnader

I Norge er det nasjonale kvotesystemet og CO₂-avgiftene de viktigste virkemidlene for å unngå å overskride utslippstaket. En kvotepris utløser i prinsippet utslippsreducerende tiltak for bedriftene som har kvoteplikt. Jo lavere kvotetaket settes, jo høyere blir kvoteprisen, og jo flere utslippsreducerende tiltak blir gjennomført.

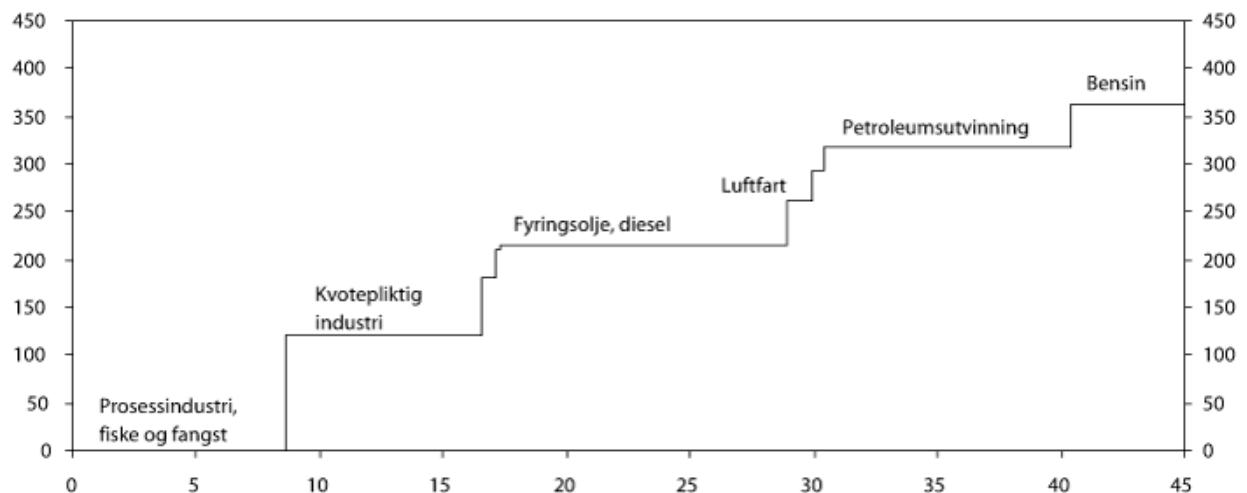
Noen sektorer og næringsaktiviteter gir større utslipp av klimagasser enn andre. Som det framgår av figur 7.1 står for eksempel petroleumssektoren (offshore) for ca 24 prosent av utslippene



Figur 7.1 Utslipp av klimagasser fordelt på virkemidler og sektorer. Kilde NOU 2009:16

En forutsetning for kostnadseffektivitet er at alle sektorer står overfor de samme avgifter på utslipp. Ca 70 % av Norges samlede utslipp av klimagasser under Kyotoprotokollen er ilagt kvoter eller CO₂-avgifter. Fiske og fangst, prosessindustri samt utslipp av lystgass (N₂O) og metan (CH₄) fra landbruket er foreløpig fritatt fra kvoteplikten. Petroleumssektoren er pålagt både kvoteplikt og CO₂-avgift.

Figur 7.2 viser marginalkostnaden ved CO₂-utslipp i kroner pr. tonn CO₂ for ulike norske sektorer og energivarer. Som det framgår av figuren står sektorer og energivarer overfor ulike marginalkostnader.



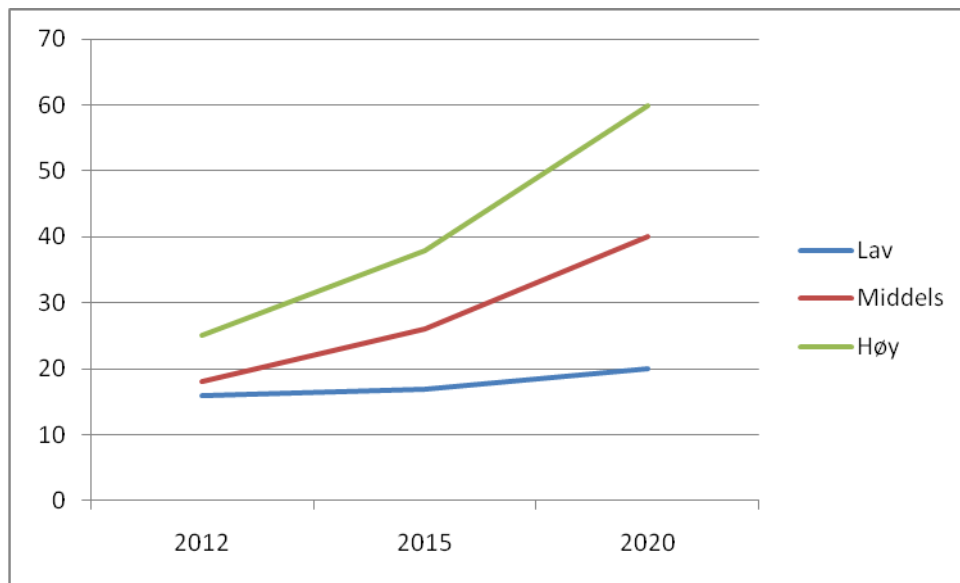
Figur 7.2 CO₂-avgift og kvotepris for ulike typer CO₂-utslipp (mill. tonn CO₂). Kroner pr. tonn CO₂. Kilde NOU 2009:16

Prosessanlegget på Kårstø har kvoteplikt, mens gasskraftanlegget på Kårstø foreløpig er unntatt kvoteplikten (de betaler med andre ord ikke noe for å slippe ut, og har "gratiskvoter"). Gasskraftverket betaler heller ikke CO₂-avgift.

Om lag 40 % av norske klimagassutslipp er regulert gjennom EUs kvotepliktsystem. EUs kvotedirektiv og kvoteplikten vil i årene framover gradvis utvides og størstedelen av prosessindustriutslippet vil ventelig bli omfattet av kvotesystemet. For Norge vil en slik utvidelse innebære at ytterligere om lag 15 % av de samlede norske utslippene blir ilagt kvoteplikt.

Prisen på framtidige klimakvoter er generelt avhengig av hvor ambisiøse klimamålene¹⁰ blir. Jo høyere klimaambisjoner og jo lavere kvotetak, jo høyere blir kvoteprisen. Selv om kvoteprisen for CO₂ i dag ikke er høy nok til å nå Stortingets målsettinger, er det grunn til å tro at prisene på klimakvoter kommer til å stige på lengre sikt. Også Klimakur 2020 legger til grunn at prisen på klimagassutslippene (kvoteprisene) vil øke betydelig de nærmeste årene. I en analyse utarbeidet av Statistisk Sentralbyrå og Point Carbon for Klimakur 2020 legges det i deres hovedscenarier til grunn at kvoteprisen vil øke fra dagens nivå på rundt 13 euro pr. tonn til 26 euro i 2015 og 40 euro i 2020, jf figur 7.3. (alternativ middels)

¹⁰ I EUs klima- og energipakke som ble framlagt i 2008 er målet er at EU innen 2020 skal oppnå 20 % kutt i utslipp av klimagasser, innføre 20 % andel fornybar energi og oppnå 20 % energieffektivisering.



Figur 7.3. Framskrivninger av kvotepris (euro) til 2020 (SSB, Point carbon 2009). Ulike alternativer

Hovedscenariot fra Klimakur 2020 - som vi også legger til grunn i den videre analysen - er at prisene på klimakvoter vil stige til 40 euro (ca 320 NOK) i 2020. En kvote tilsvarer utslipp av ett tonn CO₂.

7.4 CO₂-håndtering fra gasskraftverk har høye tiltakskostnader

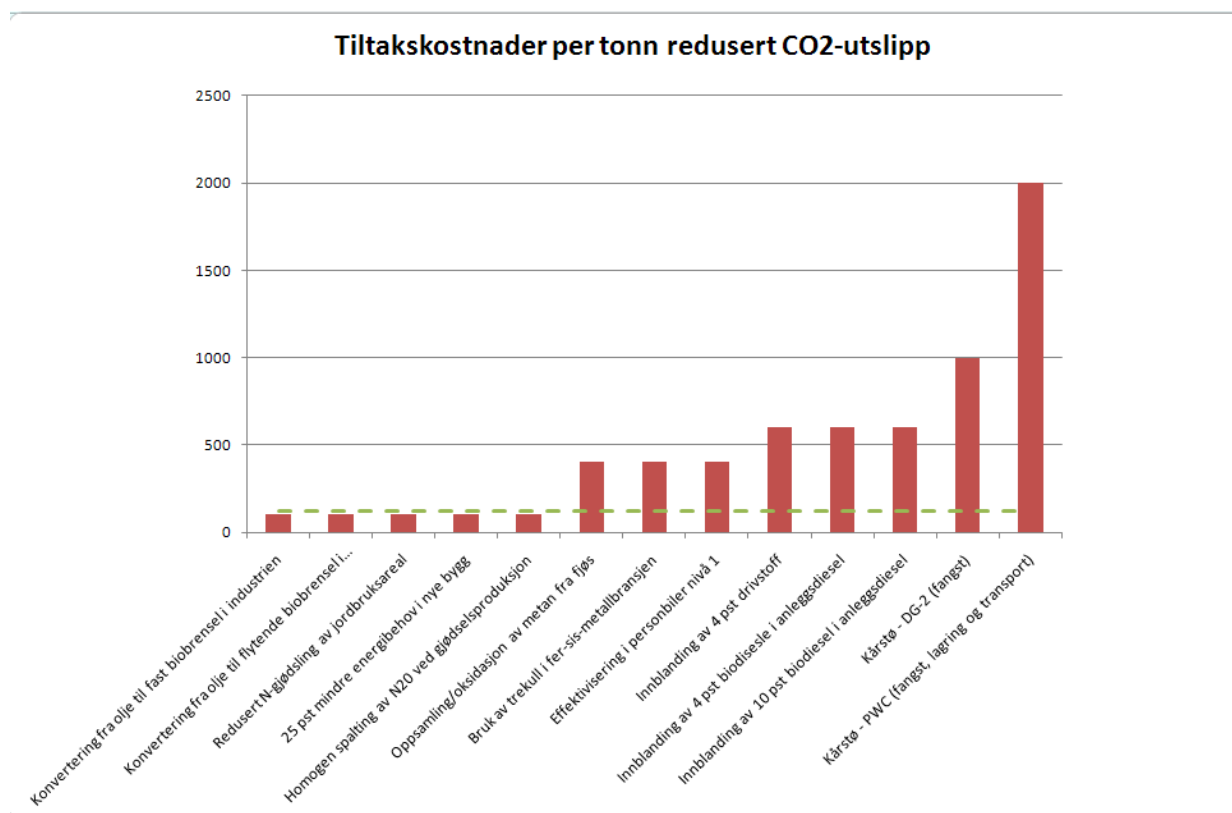
KLIF har med utgangspunkt i kjent kunnskap (teknologi) og eksisterende pris og kostnadsforutsetninger beregnet tiltakskostnader for å gjennomføre en lang rekke klimatiltak. Rapportene "Reduksjon av klimagassutslipp (klimagasser) for 2010/2020" er gjennomført i både 2005 og 2007. Både potensielle utslippsreduksjoner og de tilhørende kostnadene er her sentrale¹¹. Tiltakskostnadene er en beregnet størrelse som forenklet sier noe om hvor mange kroner det koster å redusere ett tonn utslipp av CO₂ (eller CO₂-ekvivalenter for andre klimagasser).

Sentralt for å kunne gjennomføre gode analyser er at en har en best mulig datatilgang om et tiltaks (forventede) investerings- og driftskostnader i forhold til (forventede) volum av reduserte utslipp av klimagasser. CO₂-fangst prosjektene innebærer også store kommersielle aktører som har en interesse av ikke å fortelle alt om sine kostnader og inntekter. Dessuten er det her i stor grad snakk om umoden teknologi. Kostnadsanslagene ved CO₂ håndtering kan derfor være mer usikre enn andre tiltak.

I figur 7.4 framstilles tiltakskostnadene i kr pr tonn redusert CO₂-utslipp for ulike tiltak (KLIF, 2007). Tiltakskostnadene for Kårstø CCS (2009-tall) er hentet fra Gassnovas DG2-rapport

¹¹ Vi viser til vedlegg 1 for en nærmere omtale av metodikken som brukes ved beregning av tiltakskostnader. SFTs tiltaksanalysen for 2007 vurderer også graden av teknologisk og virkemiddelmessig gjennomførbarhet av tiltakene. Analysene til SFT kan beskrives som en meny over mulige nasjonale tiltak. Usikkerheten som er knyttet til kostnadene ved CO₂fangst ved anlegget på Kårstø drøftes andre steder i rapporten.

for Kårstø CCS og konseptvalgutredningen. Tiltakene som er illustrert i figur 7.4 er av KLIF karakterisert som å ha en høy grad av politisk gjennomførbarhet. I figur 7.4 har vi også illustrert dagens kvotepris (pr nov 09) for CO₂ (stiplet linje).



Figur 7.4. Beregnede tiltakskostnader pr. tonn CO₂ for et utvalg norske tiltak. Kostnadene er oppgitt i intervaller. Kilde: KLIF (Tiltaksanalyser, 2007) og Asplan Viak/ Terramar, 2009)

Som det framgår av figur 7.4 er det en rekke tiltak som har lavere tiltakskostnader enn CO₂-fangst fra Kårstø. Utskifting av oljekjeler til bioenergikilder i industri, bygg og boliger er eksempler på tiltak som generelt har relativt lave tiltakskostnader, og langt under kostnadene ved CO₂-håndtering fra gasskraftverket på Kårstø. Flere av tiltakene som er analysert i KLIFs tiltaksanalyser har kostnader som også ligger under den nåværende kvoteprisen.

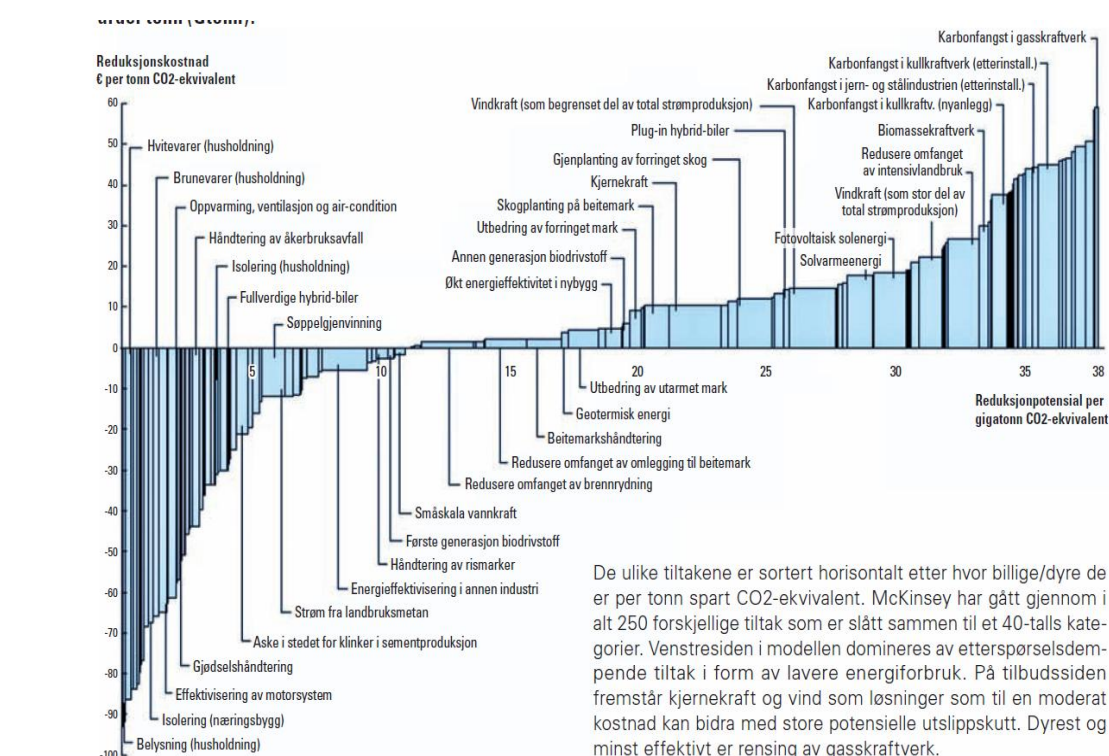
Tiltakskostnadene knyttet til kun fangst (ikke transport og lagring) av CO₂ fra Kårstø er av Gassnova beregnet (prosjektrapport, DG 2) til å ligge i overkant av 1000 kr. pr. tonn. Selve fangstprosessen er energikrevende i seg selv og gir egne utslipp. Om man beregner tiltakskostnadene i forhold til netto reduksjon av CO₂ vil kostnadene være enda høyere. Et grovt estimat på tiltakskostnadene for unngått CO₂ vil være å multiplisere tiltakskostnaden for fanget CO₂ med en faktor på 1,2. De samlede tiltakskostnadene (inkludert transport og lagring) i konseptvalgutredningen er beregnet til å være omkring 2000 kr pr. tonn CO₂.

I klimameldingen varslet regjeringen at man vil vurdere tiltak som er kostnadseffektive i lys av en forventet stigende karbonpris, men som ikke nødvendigvis utløses med dagens virkemidler. Regjeringen la også vekt på at tiltak som bidrar til teknologiutvikling skulle vurderes. Etableringen av forskningsprogrammet CLIMIT kan sees på som en del av

teknologiseringen knyttet til karbonfangst og -lagring. CLIMIT skal bidra til kommersialisering av kraftproduksjon med CO₂-håndtering gjennom forskning, utvikling og demonstrasjon. CLIMIT har i 2010 en disponibel ramme på 150 millioner kroner. Den direkte statlige støtten til CO₂-fangst fra gasskraftverkene på Kårstø og Mongstad utgjør imidlertid en mye større del av støtte til klimatiltak enn det som gis gjennom forskningsprogrammet CLIMIT. I statsbudsjettet for 2010 er det bevilget omlag 3,5 milliarder kroner til CO₂-håndtering. Dette omfatter Gassnova og arbeidet med CCS-prosjektene på Mongstad og Kårstø, forskning og utvikling, samt internasjonalt arbeid med CO₂-håndtering.

Også internasjonale studier viser at det er høye tiltakskostnader knyttet til CO₂-fangst. Ifølge IEA vil energieffektivisering og økt bruk av fornybar energi utgjøre hovedsatsingen i globale tiltak mot klimagassutslipp. CO₂ fangst antas å ha betydelig potensial på sikt, selv om det foreløpig ikke er å anse som et kostnadseffektivt tiltak. IEA (World Energy Outlook, november 2009).

McKinsey (2009) har analysert tekniske tiltak og tilhørende kostnader for å redusere globale utslipp av CO₂ fram til 2030 og framstilt dette i en kostnadskurve, jf. figur 7.5. Kostnadskurven gir et diskusjonsgrunnlag for å vurdere kostnadseffektive tiltak mellom sektorer og regioner. I figur 7.5 er henholdsvis reduksjonspotensialet og reduksjonskostnadene (tiltakskostnadene) vist ved bredden og høyden på søylene¹².



Figur 7.5 Globale marginalkostnader for ulike tiltak - 2030 Kilde : McKinsey, 2009.

¹² I kostnadskurven sammenfattes det teknologiske mulighetsrommet (og mulige klimatiltak) for å redusere klimagassutslippene gitt den teknologien som er tilgjengelig innen 2030. Søylebredden viser potensialet for å redusere utslippene et enkelt år sammenlignet med en "business as usual" utvikling. Søylehøyden viser gjennomsnittelig kostnad for å unngå utslipp av ett tonn CO₂ i 2030 beregnet som et veid gjennomsnitt av regioner og år.

Som det framgår av figur 7.5 har en rekke tiltak såkalt "negative" tiltakskostnader, dvs at tiltakene kan forventes å lønne seg økonomisk. Det gjelder blant annet energieffektivisering i industri og isolering av nærings- og boligbygg og husholdninger, søppelgjenvinning og gjødselhåndtering. I motsatt ende av skalaen finner vi karbonfangst i gasskraftverk.

McKinsey har bare vurdert tiltak som har kostnader opp til 60 Euro pr. tonn unngått utslipp, og blant disse er karbonfangst fra gasskraftverk det dyreste tiltaket. Etterinstallering av fangstanlegg ved bygde gasskraftverk er ikke vist i kostnadskurven. Kostnadene ved karbonfangst ved etterinstallasjon på kullkraftverk har lavere kostnader enn karbonfangst fra gasskraftverk.

7.5 Kostnader ved CO₂-håndtering fra kullkraftverk

Internasjonalt sett har CO₂-håndtering fra kullkraftverk størst potensial og noen vil hevde at innsatsen derfor bør fokuseres på karbonfangst fra kullkraftverk og ikke fra gasskraftverk. Karbonfangst fra kullkraftverk står høyt på dagsorden i flere land. EUs Strategic Energy Technology Plan innebærer at EU fram til 2015 skal bygge 12 demonstrasjonsanlegg. Fangst og lagring av CO₂ står høyt på den politiske og forskningsmessige agendaen også i land som Japan, Canada og Australia. I følge en rapport utført av Global CCS Institute (Mandag Morgen 35/09) som ble lansert av regjeringen i Australia i 2009, vil imidlertid karbonfangst og -lagring sannsynligvis ikke bli lønnsomt før i 2030-2040. Også i USA forventes økt støtte til forskning omkring CO₂-håndtering.

En sentral internasjonal referanse og anerkjent kilde med hensyn til kostnader ved CCS-teknologi er IPCC spesialrapport (Metz et.al., 2005). I rapporten anslås kostnadene for både CO₂ fangst, transport og lagring. Også IEA har beregnet kostnader ved CO₂ rensing spesielt og kostnadsproblematikken generelt i flere rapporter. Med dagens teknologi anslår IEA (2006) kostnadene ved CO₂-fangst fra kullkraftverk til å ligge mellom 40 and 90 US\$ pr tonn fanget og lagret CO₂.

Blant nyere forskning bør en trekke fram en rapport fra Harvard Kennedy School (John F. Kennedy School of Government); Energy Technology innovation policy (ETIP). I rapporten "Realistic Costs of Carbon Capture" (Al-Juaied and Whitmore, 2009) sammenstilles kunnskapsstatus om kostnader ved CO₂-håndtering. I studien analyseres kostnadene både for såkalte FOAK- anlegg (first of a kind) og for mer modne teknologier (NOAK – n'th of a kind). Kostnadene er bare gjennomført for fangst og bygger på data pr 2008. For modne teknologier vil tiltakskostnadene ved rensing fra kullkraftverk ligge på mellom 35-70 \$ /tonn CO₂. Kostnadene ved FOAK- anlegg ligger på ca 150 \$ /tonn rensset CO₂.

7.6 Kostnader ved CO₂-fangst fra gasskraftverk og industriutslipp

7.6.1 CO₂-fangst fra gasskraftverk

Det er gjort flere norske studier knyttet til kostnadene ved CO₂-fangst fra gasskraftverk. SINTEF (2008) har oppsummert og sammenlignet de øvrige beregningene. Sentralt i de norske studiene av kostnader ved CO₂-fangst fra gasskraftverk er NVE's rapport om CO₂-håndtering på Kårstø (Svendsen, P.T, 2006) og denne rapporten inngikk som en del av grunnlagsdokumentene for Gassnovas videre arbeid. Med de forutsetninger som ble lagt til grunn anslå NVE en samlet investeringskostnad på om lag 5 mrd. kroner med en usikkerhet på +/- 40 %.

Det er store forskjeller i forutsetninger, metode og resultater i de tidligere studiene. SINTEF (2008) har forsøkt å gjøre beregningene for investeringskostnadene mer sammenlignbare ved å korrigere for beregningsår, valutakursendringer m.v (se vedlegg). SINTEF-rapporten viste at det var relativt store forskjeller i de beregnede kostnadene pr. tonn fanget CO₂.

Gassnova har i DG2-rapport for Kårstø CCS (2009) gjennomført de mest omfattende studiene av renskostnadene. Gassnovas estimat for totale prosjektkostnader (CAPEX) for CO₂-fangstanlegget er beregnet til 6,6 mrd. kroner (+/- 30 %). Årsakene til det betydelig høyere anslaget enn i NVEs rapport er blant annet nyere prisdata (2008 vs 2006), inkludering av kostnader knyttet til kjølevann, samt høyere kostnader for en mer komplisert tilkopling mot gasskraftverkets pipe. Basert på full driftstid ble tiltakskostnadene av Gassnova i DG2 anslått til 1039 kr pr. tonn redusert CO₂ (se også figur 7.4).

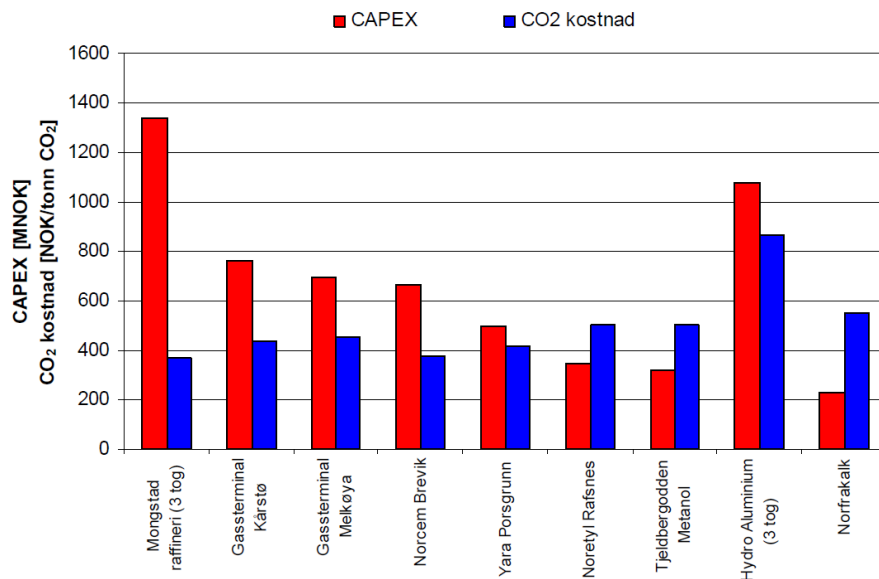
Tiltakskostnadene i OEDs konseptvalgutredning er basert på Gassnovas kalkyler (DG2-rapport) og deretter samstemt med Gassco og Gassnova. OED opererer med ca halvparten av den brukstiden som DG2-rapporten opererer med. I tillegg inkluderer OED altså både transport- og lagringskostnader.

7.6.2 CO₂-fangst fra industriutslipp

I et klimapolitisk perspektiv er kostnader ved CO₂-håndtering fra industrielle punktutslipp like interessant som tilsvarende for gasskraftverk. Beregninger og vurderinger av kostnader ved CO₂-fangst fra industrielle punktutslipp er en viktig del av det arbeidet som gjøres innenfor Klimakur 2020. KLIF har tidligere blant annet beregnet tiltakskostnadene knyttet til CO₂-fangst ved Yara Porsgrunn (2007).

Både SINTEF (2008) og Tel-Tek (2009) har på oppdrag fra KLIF gjennomført kostnadsanalyser for CO₂-fangst fra norske industriutslipp. SINTEF (2008) har estimert investeringskostnadene og tiltakskostnadene knyttet til fangst fra ni store punktutslipp jf. figur 7.6¹³.

¹³ I beregningene fra SINTEF og Tel-Tek inkluderer ikke kostnadene til transport og lagring av CO₂.



Figur 7.6. Estimerte investeringskostnader og CO₂-fangstkostnader fra ni ulike punktutslipp i Norge. Kilde: SINTEF Energiforskning 2008.

Raffineriet på Mongstad (inkl. cracker, reformer og kraftvarmeverk) er den største utslippskilden for CO₂ i Norge. Investeringskostnadene (CAPEX, rød søyle) ved CO₂ fangst fra Mongstad er i følge SINTEF høyest, men vil likevel gi de laveste CO₂-rensekostnadene pr. tonn (blå søyle).

Som det framgår av figur 7.6 varierer renskostnadene ved punktutslippene fra i underkant av 400 kr til nærmere 900 kr. pr. tonn fanget CO₂.

Tel-Tek (Telemark Tekniske Industrielle Utviklingssenter, 2009) har også beregnet tiltakskostnadene for fangst av CO₂ fra et knippe norske industribedrifter. Rapporten fra Tel-Tek viderefører beregningene fra SINTEF ved også å trekke inn potensielle kostnadsbesparelser som er knyttet til *samløkalisering* av CO₂-fangstanlegg.

I følge beregningene fra Tel-tek varierer fangstkostnadene ved industrianleggene mellom 420 og 770 kroner (2009-kroner) pr. tonn fanget CO₂. I kostnadsestimatene inngår ikke kostnader til energiverk og sjøvannsanlegg. Kostnadene pr tonn fanget CO₂ i Tel-Tek rapporten ligger noe høyere enn i beregningene fra SINTEF (2008).

Når store punktkilder er lokalisert innenfor et begrenset geografisk område, slik som tilfelle er for enkelte av disse utslippskildene, finnes det visse muligheter for samlokaliseringsevner. Men blant de undersøkte alternativene, var det i følge Tel-Tek ingen som pekte seg klart ut som spesielt økonomisk fordelaktig.

7.7 Oppsummering

Hovedproblemet med bruken av dagens økonomiske virkemidler (kvoter og avgifter) for å nå de nasjonale klimamålene er at dagens kvotepriser for CO₂ er for lave. Bedriftene oppfatter dessuten de framtidige kvoteprisene som for usikre til at det utløser store investeringsprosjekter som har klimagevinster. Norske utslippskilder og sektorer behandles

også ulikt ved at enkelte ikke er omfattet av avgifter eller kvoteplikt. Store utslippssektorer som prosessindustrien har i dag verken CO₂-avgifter eller kvotebegrensninger.

Løsninger som bygger på umodne teknologier vil i sin natur være usikre. Men med utgangspunkt i forventede kraft-, gass- og karbonpriser og dagens kostnadsbilde, synes ikke CO₂-håndtering foreløpig å være et kostnadseffektivt bidrag til å redusere de globale klimautslippene.

CO₂-håndtering ved gasskraftverket på Kårstø er et svært kostnadskrevende klimatiltak, både målt mot marginale internasjonale tiltak – gitt ved kvoteprisen – og mot alternative innenlandske tiltak. Etter hvert som årene går øker også tiltakskostnadene (på annuitetsbasis) per tonn ettersom gjenstående levetid på anlegget avtar. Det er en rekke innenlandske prosjekter som har betydelig lavere tiltakskostnader enn CO₂-håndtering ved gasskraftverket på Kårstø.

8 ALTERNATIVE TILTAK FOR MODNING AV EN TEKNOLOGISK LØSNING FOR CO₂-HÅNDTERING

Teknologier for CO₂-håndtering omfatter et bredt spekter av teknologier innenfor områdene fangst, transport og lagring. Spesielt på fangstområdet eksisterer en lang rekke ulike teknologier som befinner seg på ulike nivåer av modenhet – fra det eksperimentelle til det velprøvde. Vi vil ikke her presentere noen full oversikt over disse teknologiene, men vil i dette kapitlet si noe om status innenfor de aktuelle teknologiområdene, samt overordnet drøfte behovet for utvikling og modning av teknologier for CO₂-håndtering. Deretter vil vi kort se på mulige alternative tiltak for modning av slike teknologier før vi gir vår oppfatning av i hvilken grad CO₂-håndtering ved Kårstø er et egnet tiltak for teknologimodning.

8.1 Status for aktuelle teknologier

Det er betydelige teknologiske utfordringer knyttet til både fangst, transport, injeksjon og geologisk lagring av CO₂, samt egne utfordringer knyttet til integrasjonen av de ulike prosessene i en sammenhengende kjede.

8.1.1 Transport

Rørtransport av CO₂ er en relativt moden teknologi som lenge har vært i bruk på ulike steder i verden. Slik rørtransport i havet er ikke like modent, men også dette er allerede implementert i kommersiell skala av Statoil og i drift på Snøhvit-feltet. På Melkøya ved Hammerfest separeres CO₂ ut fra gass som kommer i rørledning fra Snøhvit-feltet. Ca 0,7 mill. tonn (ved full drift) fanget CO₂ transporteres årlig fra Melkøya gjennom en 145 km lang rørledning tilbake ut på Snøhvit-feltet for lagring. Den aktuelle rørledningen er verdens lengste offshore CO₂ transportrørledning. En av utfordringene ved slik transport er faren for korrosjon, ettersom flytende CO₂ er svært korrosivt. Men dette har man klart å løse på Snøhvit, blant annet gjennom bruk av relativt kostbare materialer i kritiske komponenter.

8.1.2 Lagring

Injeksjon av fanget CO₂ for geologisk lagring i kommersiell skala har pågått siden 1996 fra Sleipner-plattformen i Nordsjøen og ned i Utsira-formasjonen. Årlig lagret mengde CO₂ her er i samme størrelsesorden som det man evt. kan fange fra gasskraftverket på Kårstø hvis det skulle gå kontinuerlig over et helt år. På Snøhvit-feltet startet injeksjon av fanget CO₂ ned i Tubåen-formasjonen i 2008. En teknologisk løsning for offshore injeksjon er med andre ord allerede demonstrert i full skala på to ulike steder i Norge. Spørsmålet om hvor sikker man kan være på at den injiserte CO₂ holder seg i reservoaret over tusener av år kan neppe enkelt besvares i løpet av kort tid, men her dreier det seg blant annet om å forbedre løsninger for overvåking av hvordan injisert CO₂ beveger seg i det aktuelle geologiske lageret. Statoil overvåker CO₂ fra Sleipner i Utsira-formasjonen ved bruk av seismiske

målinger og registrer at den injiserte CO₂ så langt har oppført seg som forutsatt.

8.1.3 Fangst

Mens både transport- og lagring av CO₂ allerede er demonstrert i full skala og til havs, kan ikke det samme sies om CO₂-fangst. Riktignok fanges det CO₂ i kommersiell skala allerede, men ikke fra eksosgass. Det finnes et bredt spekter av ulike konsepter og teknologier som konkurrerer om oppmerksomhet og utviklingsressurser. Fangst av CO₂ fra eksosgass må oppnå en høy rensegrad (typisk 85-90 %), samtidig som energitap og kostnader må begrenses. De fangstteknologier som pr i dag er tilgjengelige (i mindre skala) for rensing av eksosgass baserer seg på absorpsjon av CO₂ gjennom kjemisk binding til en absorbent (typisk en form for amin) med etterfølgende oppvarming for å skille CO₂ fra absorbenten. Fanget CO₂ komprimeres så for transport, mens absorbenten resirkuleres. Det kreves betydelige mengder energi både til den oppvarmingen som skiller CO₂ fra den kjemiske absorbenten og i de fleste tilfeller også for å komprimere gassen for transport. Ettermontering av CO₂-fangst på et kraftverk senker på denne måten kraftverkets virkningsgrad (energieffektivitet) betydelig.

En fremtidig fangstløsning må oppnå en høy rensegrad med lavere energibruk og lavere kostnader enn i dag. Det er ikke gitt hva som vil bli den beste fangstteknologien på sikt. Sikkert er det at mange av de teknologiene som i dag er på FoU-stadiet, og som forventes å kunne bli mer energi- og kostnadseffektive enn dagens teknologier, ikke vil kunne være klare for kommersiell bruk på mange år.

8.1.4 Integreerte fullskala prosjekter

Det har vært snakk om at Kårstø ville kunne bli verdens første fullskala anlegg for CO₂-håndtering ved rensing av eksosgass. Dette var nok mer aktuelt i lys av de opprinnelige tidsplanene for prosjektet, men fortsatt vil et integrert fullskala anlegg til 2015 kunne bli et av de første i verden av denne typen.

Ifølge IEAs publikasjon *Technology Roadmap – Carbon capture and storage* (pr oktober 2009) finnes det nå fem operative CO₂-håndteringsprosjekter som er fullintegreerte (fra fangst til lagring) og i det som regnes som kommersiell skala. Ingen av disse fanger CO₂ fra eksosgass, men er viktige referanseprosjekter på andre områder. Vi har allerede nevnt *Sleipner* og *Snøhvit* hvor CO₂ separeres ut fra naturgass under trykk og injiseres i deponier under havbunnen. *In Salah* i Algerie finnes et tilsvarende fangstprosjekt, men her injiseres fanget CO₂ inn i samme geologiske formasjon som gassen hentes ut fra, dog i sikker avstand fra naturgassen. *Rangely* (USA) er også et prosjekt hvor CO₂ fanges fra naturgass, men her blir deler av den fangede CO₂ brukt til økt oljeutvinning (EOR), mens resten går til geologisk lagring. *Weyburn-Midale* (Canada) er et prosjekt hvor CO₂ fanges fra et såkalt synfuel-anlegg (kullkraft) og går til både EOR og geologisk lagring.

I tillegg til disse fem operative prosjektene viser IEA til et betydelig antall planlagte fullskala CO₂-håndteringsprosjekter rundt om i verden. Mange av disse relaterer seg til bare fangst eller bare lagring, men de peker på over 70 planlagte fullskala prosjekter som vil integrere hele kjeden med fangst, transport og lagring av CO₂. Det er med andre ord ventet å komme en rekke fullskala prosjekter for CO₂-håndtering i årene som kommer, selv om erfaring viser

at man må regne med at mange prosjekter av økonomiske eller andre årsaker vil bli utsatt eller skrinlagt.

Bare det siste året har det vært flere eksempler på høyprofilerte CO₂-håndteringsprosjekter som har blitt utsatt. De viktigste årsakene kan man finne i det som ifølge det EU-støttede CCS-initiativet ZEP (Zero emissions platform) regnes som de største utfordringene for CO₂-håndtering i Europa pr i dag:

- Mangel på støtte i befolkningen
- For høye kostnader
- Regulatoriske forhold
- Tekniske og industrielle forhold

Det er altså flere utfordringer for CO₂-håndtering ut over de teknologiske, men vi har nedenfor fokusert på behovet for utvikling og modning av aktuelle teknologier.

8.2 Behovet for modning av teknologier for CO₂-håndtering

Til tross for at CO₂-fangst ikke er et nytt konsept, så må det regnes som et umodent teknologiområde. Riktignok foregikk det en betydelig CO₂-fangst i USA på 1980-tallet, men ettersom dette ble gjort for økt oljeutvinning og ikke for å fjerne klimagasser fra atmosfæren, var rensegraden uviktig og derfor lav. Som tiltak for reduksjon av CO₂-utslipp er rensegraden kritisk, noe som stiller helt andre krav til teknologien og medfører høyere kostnader.

Dagens kommersielle CO₂-håndteringsprosjekter som for eksempel Sleipner og Snøhvit fanger CO₂ fra naturgass under høyt trykk, en prosess som er både kostnadseffektiv og relativt enkel sammenlignet med den type ettermontert eksosgassrensing som man ser for seg på Kårstø. Ettermontering av fangstanlegg for eksosgass er også det mest aktuelle for å kunne rense andre store punktutslipp, det være seg fra forbrenning av fossilt brensel til kraftproduksjon eller tilsvarende i industrielle produksjonsprosesser.

Det er foreløpig ikke realisert noe fullskala CO₂-håndteringsprosjekt med fangst fra eksosgass. Utfordringer knyttet til teknologi og høye kostnader er viktige årsaker til dette. Følgelig er det klart at her finnes et stort behov for utvikling og modning av aktuelle teknologier både for å senke kostnader og redusere gjennomføringsrisiko for fullskala CCS-prosjekter, og for på lengre sikt å frembringe mer effektive fangstteknologier.

8.2.1 Ulike aspekter av teknologimodning

Når det gjelder behovet for utvikling og modning av teknologier for CO₂-håndtering er det viktig å skille mellom to ulike aspekter, nemlig:

- **Detaljer i enkeltteknologier**, som for eksempel nye og mer energieffektive fangstteknologier
- **Integrasjon av teknologielementer**, som kan relatere seg både til integrasjon mellom stadier i kjeden som fangstanlegg, transportsystem, injeksjonsbrønn og

geologisk lager, men som også kan gjelde integrasjon av enkeltelementer for eksempel innad i et fangstanlegg

Forbedringer av detaljer i enkeltteknologier hører primært hjemme i tidlige modenhetsfaser som på FoU-stadiet og i pilotfase. Slik teknologiutvikling er gjerne knyttet til ønskede forbedringer i teknologiens ytelse som økt rensegrad (fjerne en høyere andel av CO₂ i eksosgassen) og høyere energieffektivitet (mindre energibruk til CO₂-håndteringen).

I de mer modne fasene er det mer relevant å forbedre forhold knyttet til integrasjonen mellom teknologikomponentene. Her er fokuset rettet mer mot hvordan teknologien kan realiseres i stor skala med redusert risiko, samt hvordan kostnader kan reduseres. Her dreier det seg gjerne om å bygge anlegg for teknologidemonstrasjon i stor skala (som for eksempel teknologisenteret på Mongstad) hvor man gjennom å høste operasjonell erfaring kan optimalisere både integrasjonen av teknologier og operativt driftskonsept, for slik å redusere risiko og kostnader ved implementering i full skala.

8.2.2 Valg av fokusområde for teknologimodning

Det er i globalt perspektiv et stort og svært bredt behov for utvikling og modning av teknologier for CO₂-håndtering. Som ledd i en vurdering av det konseptvalg for teknologimodning som Kårstø CCS prosjektet representerer, finner vi det hensiktsmessig kort å se på noen sentrale valg av fokusområder for Norges innsats innen utvikling og modning av teknologi for CO₂-håndtering.

- **Innenlandsk eller global teknologianvendelse**
Kårstø-prosjektet gjelder rensing av CO₂ fra et gasskraftverk i Norge. Hvis man betrakter behovet knyttet til rensing av norsk gasskraft isolert, gir dette et sett av føringer for hvilke teknologier som bør modnes. Hvis man derimot også skjeler til det globale behov for å frambringe teknologier for å fange og lagre CO₂ fra de store punktutslippene som finnes, så er behovet for teknologimodning mye bredere. Her handler det i høy grad om hvordan Norge velger å se sin rolle på dette området. Hvis det primære målet er å redusere innenlands CO₂-utslipp som ledd i å gå foran i retning mot karbonnøytralitet, så vil teknologi spesifikt tilpasset norsk gasskraft kunne være riktig tiltak. Hvis det derimot er minst like viktig å bidra med teknologi til fangst og lagring av CO₂ fra større punktutslipp rundt om i verden, bør man satse bredere på teknologiområdet.
- **Vekting av innsats innenfor ulike modenhetsstadier**
Når det skal investeres store pengebeløp bør man ha god sikkerhet for at gevinstene ved tiltaket også er store. Man må vurdere grundig hva som vil være gevinstene ved så raskt som mulig å begynne å bygge et fullskala anlegg opp mot mulige gevinster ved å satse sterkere på mindre modne stadier eller satse i mindre skala. Her kan det for eksempel dreie seg om å prioritere sterkere den utviklingen av mer effektive fremtidige fangstteknologier som nå er i FoU- og pilotfase, eller å prioritere storskala uttesting av fangstteknologier (som ved teknologisenteret på Mongstad). Dette vil kunne redusere kostnader og risiko, samt øke kunnskapsnivået før en beslutning om bygging av fullskala CO₂-håndtering.
- **Rensing fra ulike typer kilder til CO₂-punktutslipp**
Siden vi i Norge kun har gasskraft og ikke kullkraft (med et lite unntak for Svalbard),

er mesteparten av oppmerksomheten rettet mot gasskraft. Globale CO₂-utslipp fra kullkraft har imidlertid langt større omfang enn tilsvarende fra gasskraft. IEA anslår at av den CO₂ som må fanges fra kraftproduksjon i tidsperioden 2010 – 2050 vil hele 80 % være fra kullkraft, mens kun 12% vil være fra gasskraft (og 8% fra biomasse).

Mens det både i Norge og i andre land har vært mest fokus på CO₂-håndtering fra kraftproduksjon, så er det et faktum at punktutslipp fra industrielle prosesser som for eksempel produksjon av sement, gjødsel og aluminium også representerer et stort rensespotensial. IEA anslår at i 2050 vil 55 % av CO₂-håndtering være knyttet til kraftproduksjon, mens 45 % vil være knyttet til industrielle prosesser og oppstrømsaktiviteter.

Selv om prinsippene for eksosgassrensing fra de ulike kildene som gasskraft, kullkraft og ulike industrielle prosesser antakelig vil være relativt like, vil de ulike nivåene av CO₂-konsentrasjon i eksosgass fra de ulike kildene stille noe ulike krav til fangstanleggene. CO₂-håndtering fra kilder med CO₂-rik eksosgass (som for eksempel kullkraftverk og sementproduksjon) vil være mer kostnadseffektivt enn tilsvarende fra gasskraft, og dessuten representere et større potensial som klimatiltak ettersom disse kildene i en global sammenheng står for en mye større andel av klimagassutslippene. Gasskraft vil være en ikke uviktig nisje, men med relativt sett begrenset rensespotensial.

8.3 Mulige tiltak for teknologimodning

Som diskusjonen ovenfor omkring behov for modning og utvikling av teknologier for CO₂-håndtering illustrerer, er det i utgangspunktet et bredt spekter av områder hvor man kan tenke seg tiltak for å utvikle relevante teknologier videre.

Her finnes som allerede nevnt teknologier på ulike modenhetsnivåer, så ulike typer tiltak vil gi resultater innenfor ulike tidshorisonter. Det foregår allerede en betydelig FoU-aktivitet her til lands knyttet til teknologier for CO₂-håndtering. NTNU-miljøet har for eksempel lenge vært langt fremme, og Forskningsrådet har bidratt til etableringen av to forskningsssentre for miljøvennlig energi knyttet til CO₂-håndtering. Mens Christian Michelsens institutt i Bergen fokuserer på geologisk lagring, omfatter SINTEFs senter BIGCCS hele verdikjeden for CO₂-håndtering både fra kraftproduksjon og industrielle prosesser. Også på mange universiteter foregår en betydelig forskningsinnsats på ulike deler av dette feltet. CLIMIT-programmet i regi av Forskningsrådet og Gassnova er en viktig finansieringskilde for FoU-prosjekter på dette området.

Felles for disse FoU-aktivitetene er at de for det meste konsentrerer seg om nye og umodne teknologier som neppe kan demonstreres i full skala på mange år. Gitt at det er et politisk mål (og mange mener et klimamessig imperativ) å starte CO₂-håndtering i full skala i løpet av få år, er imidlertid de mulige tiltakene av svært begrenset antall.

8.3.1 Mulige tiltak for fullskala CO₂-håndtering

Hvis vi tar utgangspunkt i at det er et mål i løpet av relativt få år å starte realisering av et fullskala prosjekt for CO₂-fangst fra eksosgass med integrert transport og geologisk lagring,

er det ett annet norsk prosjekt som er naturlig å vurdere som alternativ til Kårstø CCS. Dette er fase 2 av Mongstad-tiltaket, nemlig det planlagte fullskala CCS-anlegget.

CO₂-håndtering ved Mongstad er et todelt prosjekt hvor første fase innebærer at det etableres et teknologisenter for utprøving og demonstrasjon av teknologier for storskala fangst av CO₂ fra eksosgass. Minst to ulike fangstteknologier vil bli testet her fra 2012, nemlig Aker Clean Carbon sin aminbaserte prosess og Alstoms prosess basert på karbonatteknologi. Teknologisenteret vil også ha ledig plass for en tredje fangstteknologi.

Ved teknologisenteret er det lagt opp til testing av CO₂-fangst fra to forskjellige avgasskilder; Energiverk Mongstad og crackeren ved raffineriet. Mens Energiverk Mongstad er et gassfyrt kraftvarmeverk og gir eksosgass tilsvarende den fra gasskraftverket på Kårstø, er eksosgassen fra raffineriets cracker svært lik eksosgass fra et kullkraftverk (blant annet med mye høyere CO₂-konsentrasjon enn fra gasskraft). Dette innebærer at teknologisenteret vil kunne brukes til å modne teknologi for fangst av CO₂ fra kullkraft og industrielle prosesser i tillegg til fra gasskraft.

Andre fase i Mongstad-prosjektet er å implementere fullskala CO₂-håndtering med fangst fra eksosgasser fra Energiverk Mongstad. Fanget CO₂ herfra forventes transportert i rørledning ut på sokkelen og injisert i en egnet geologisk undersjøisk formasjon.

Ved Mongstad-prosjektet vil man høste operative erfaringer fra teknologisenteret før implementering av fullskalaanlegget. Dette gjør det mulig å utnytte den kunnskapen man vil tilegne seg fra teknologisenteret, og slik øke sjansene for en mer kostnadseffektiv implementering av fullskalaanlegget og med lavere risiko for alvorlige problemer.

Mongstad-prosjektet er bygd rundt ønsket om at operativ erfaring med tilhørende læring og forbedring skal komme forut for en kostnadskreven og risikabel fullskala implementering. Samtidig er det heller ikke her snakk om å avvente fangstteknologier som ligger langt fram i tid. Mongstad kan være et fornuftig kompromiss mellom ønsket om å ta lange skritt mot fullskala CO₂-håndtering og behovet for en forsvarlig bruk av fellesskapets midler. Samtidig er det mer relevant enn Kårstø med hensyn til de globale klimautfordringene, ettersom man ved teknologisenteret på Mongstad også vil teste rensing av en eksosgass (fra raffineriets cracker) som ligner på tilsvarende fra kullkraft og enkelte industrielle prosesser.

8.4 CO₂-håndtering på Kårstø i forhold til behovet for teknologimodning

Det er vår oppfatning at Kårstø-prosjektet bærer preg av ikke å være påtenkt som et prosjekt for teknologimodning. Det fremstår ikke som tilstrekkelig satt inn i en teknologiutviklingsmessig sammenheng, men virker mer basert på at man ønsker raskest mulig å etablere og drifte en løsning som kan fange og lagre CO₂ i full skala. Et hovedproblem med Kårstø-prosjektet er at man ønsker å hoppe over et steg i utviklingsprosessen. Den type storskala uttesting og demonstrasjon som vil skje ved teknologisenteret på Mongstad er etter vår oppfatning et nødvendig stadium for å redusere gjennomføringsrisiko og kostnadsnivå ved påfølgende implementering av et fullskala anlegg som Kårstø CCS. Vi snakker her om et megaprojekt hvor det skal bygges et "first-of-a-kind" fangstanlegg integrert med en transport- og lagringsløsning til en helhet så utfordrende at begrepet "månelanding" har vært

brukt om prosjektet. Dette er åpenbart en type prosjekt hvor risikoen for alvorlige problemer og kostnadsoverskridelser vil være svært høy, og hvor det må være spesielt viktig først å vinne erfaringer fra teknologiintegrasjon og operativ drift av et fangstanlegg gjennom storskala uttesting. Prøving og feiling i full skala vil på dette området være svært dyrt og potensielt skjebningsvangert både med hensyn til folkelig oppslutning og internasjonal signalverdi.

Vi mener videre at det ikke vil være riktig å prioritere et fullskalaanlegg som kun implementerer teknologi for rensing av gasskraft, og som derfor vil ha begrenset overføringsverdi til CO₂-rensing fra kullkraftverk og industrielle prosesser. Ikke bare er det langt større globale utslipp av CO₂ fra kullkraft og industri enn fra gasskraft, men det vil også være mer kostnadseffektivt å begynne med rensing fra slike kilder. For det første gjør den høyere CO₂-konsentrasjonen at man kan bygge mindre og rimeligere fangstanlegg ettersom eksosgassvolumene blir mindre. Gasskraftverk er dessuten å regne som reservekapasitet i energiforsyningen, og som sådan designet for å svinge (starte og stoppe kraftproduksjonen etter behov). Dette innebærer at slike kraftverk vil ha lavere oppetid enn kullkraftverk, som typisk vil produsere kontinuerlig. En konsekvens av lavere oppetid for gasskraft er høyere kostnad for CO₂-håndtering pr renses tonn med CO₂. Både fangst-, transport- og lagringsanleggene må uansett dimensjoneres for full kapasitet slik at all CO₂ kan fanges når anlegget er i drift. Dette gir svært store investeringer i forhold til gjennomsnittlig driftstid, med uforholdsmessig høye renseskostnader som resultat.

Det gir ikke mening å vurdere tiltaket Kårstø CCS uten å ta hensyn til hva som skjer på Mongstad. Teknologisenteret på Mongstad legger nettopp til rette for å modne teknologier for rensing både av gasskraft, kullkraft og industrielle prosesser. Vi mener at driftserfaring fra TCM bør ligge til grunn for beslutning om etablering av et anlegg for fullskala CCS fra eksosgass. Gitt at det globale potensialet for CO₂-håndtering er langt større fra kullkraft og industrielle prosesser enn fra gasskraft, bør det nøye vurderes om Norge virkelig bør velge gasskraft som satsningsområde for fullskala CCS. Driftserfaring fra TCM vil være sentral i en slik vurdering.

Gitt at Mongstad-prosjektene iverksettes som planlagt, virker marginalnyttens med hensyn til teknologiutvikling ved Kårstø-prosjektet svært liten. Ettersom begge prosjektene er finansiert av den norske staten for å demonstrere fullskala CCS, synes ikke koblingen mellom de to prosjektene tilstrekkelig ivarettatt i de foreliggende utredningene. Mye kan tyde på at Kårstø-prosjektet hadde relevans knyttet til teknologimodning inntil Mongstad tok over som flaggskip for modning av CCS-teknologier. Kårstø CCS synes nå redusert til et lite kostnadseffektivt klimatiltak med begrenset teknologimessig tilleggsnytte ift. Mongstad.

Det er dessuten en fare for at Kårstø-prosjektet kan medføre en reduksjon i oppmerksomheten om og ressurstilgangen til det viktigere Mongstad-prosjektet, ettersom begge er svært store og ressurskrevende prosjekter som tidsmessig kan falle samtidig. Det er en fare for at de utfordringer man vil møte på Kårstø (gitt den svært høye risikoprofilen) kan avspore eller utsette CCS-satsningen på Mongstad.

Dette vil også få konsekvenser for den tilleggsverdien som anføres, referert til som signalverdi. Denne kan bli negativ, for eksempel om man får teknologiske problemer eller dersom investeringskostnadene blir mye høyere enn forventet. Risikoen for dette er betydelig

ettersom man planlegger å hoppe over storskala testing av fangstanlegg og gå rett på en fullskala utbygging.

Når det gjelder offshore rørtransport av CO₂ og geologisk lagring, er begge disse elementene allerede utprøvd i ca samme skala som vil være aktuelt på Kårstø, så på disse områdene vil det neppe være store nyvinninger knyttet til dette prosjektet. Dessuten vil en tilsvarende løsning bli bygget i tilknytning til fullskalaanlegget ved Mongstad. Det er da vanskelig å se hvilken tilleggsnytte for teknologimodning som evt. skulle ligge i transport- og lagringsløsningen for Kårstø.

Oppsummert kan vi ikke se at å videreføre planleggingen nå av gasskraftverket på Kårstø er et godt alternativ for å modne teknologier for CO₂-håndtering. Med en slik målsetning er Mongstad-prosjektet et bedre tiltak. Teknologisenteret (TCM) utgjør her den store forskjellen. På bakgrunn av den svært negative samfunnsøkonomiske verdi som er beregnet for Kårstø CCS-prosjektet, mener vi at det er viktig at man avventer driftserfaringer fra teknologosenteret på Mongstad før man beslutter hvilket fullskala CCS-anlegg som evt. først skal bygges i Norge.

VEDLEGG 1



VIRKEMIDLER, KOSTNADER OG ALTERNATIVE KLIMATILTAK

Innledning

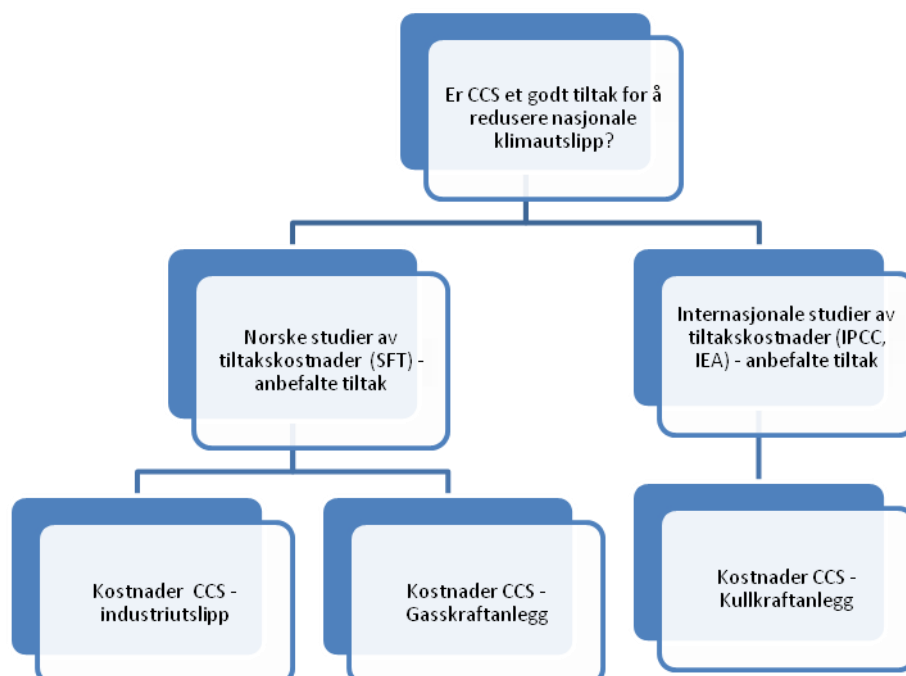
I dette vedlegget gis en noe mer utfyllende beskrivelse av rammebetingelser, mål, kostnader og virkemidler i klimapolitikken enn den som er gitt i del II (kapittel 7).

Innledningsvis gis en kort beskrivelse av mål og virkemidler i klimapolitikken. Deretter gis det en noe mer detaljert analyse av tiltakskostnadene ved CCS ift alternative klimatiltak.

Avslutningsvis gis flere referanser til nyere norske og internasjonale forskningsrapporter som tar for seg kostnadsberegninger ved CO₂-håndtering.

To overordnede sentrale offisielle referanser er NOU: 2009:16 (Globale miljøutfordringer – norsk politikk) som tar for seg nytte-kostnadsanalyser for klimatiltak og de beregninger som tidligere er gjennomført av KLIF, (Reduksjon av klimagassutslipp – tiltaksanalyser for 2020). KLIF har gjennom Klimakur 2020 også gitt faglige anbefalinger for Regjeringen i klimapolitikken.

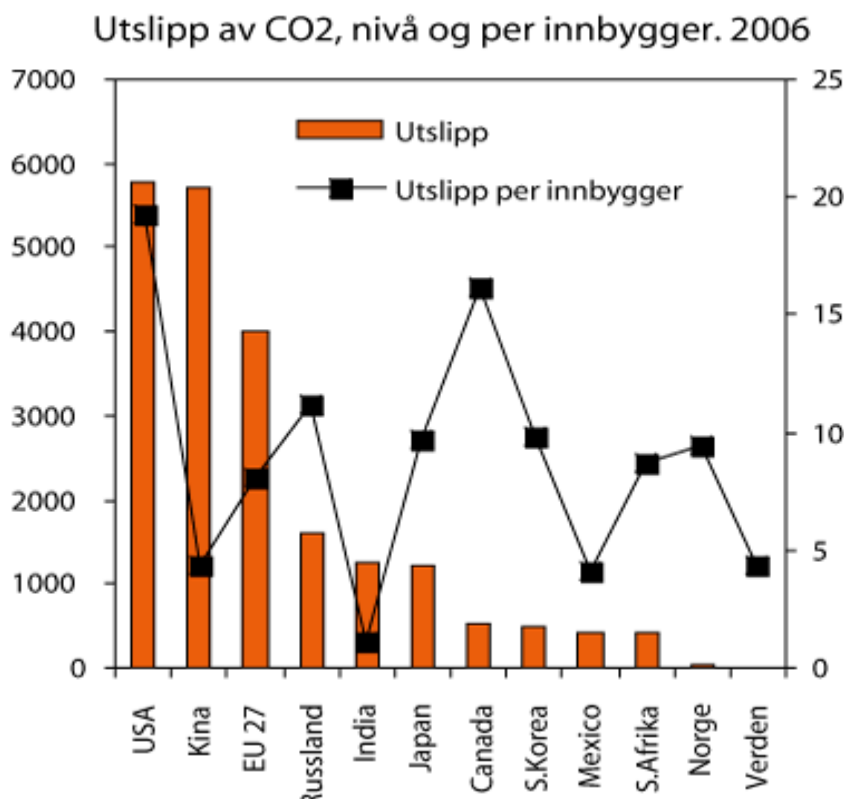
Det innledende spørsmålet er om karbonhåndtering – og det tiltaksutløsende behovet ; - bygging av Kårstø CCS er et godt klimatiltak. Vår valgte framgangsmåte for å drøfte dette er illustrert i Figur 1 nedenfor.



Figur 1 Analysestruktur for å drøfte karbonhåndtering som klimatiltak

Kort om bakgrunn, mål og virkemidler i norsk klimapolitikk

De norske utslippene av klimagasser var på 53,8 mill. tonn CO₂-ekvivalenter i 2008. Utslippene utgjør omlag 1,4 promille av de globale klimagassutslippene.



Figur 2 Utslipp av CO₂ nivå og per innbygger. Mill. tonn per capita.2006. Kilde NOU 2009.16

Norske klimagassutslipp ble i 2008 redusert med 2 prosent i 2008 (SSB,2009) og det forventes også en nedgang i klimagassutslipp i 2009. Nedgangen antas i stor grad å kunne forklares med en generell økonomisk nedgang knyttet til finanskrisen. Det internasjonale energibyrået IEA antyder at verdens samlede CO₂-utslipp kan falle så mye som 3 prosent i 2009 (World Energy Outlook,2009). Andre beregninger indikerer imidlertid at veksten i CO₂-utslipp fortsatte også i 2008 (Aftenposten og Cicero,5.11.09).

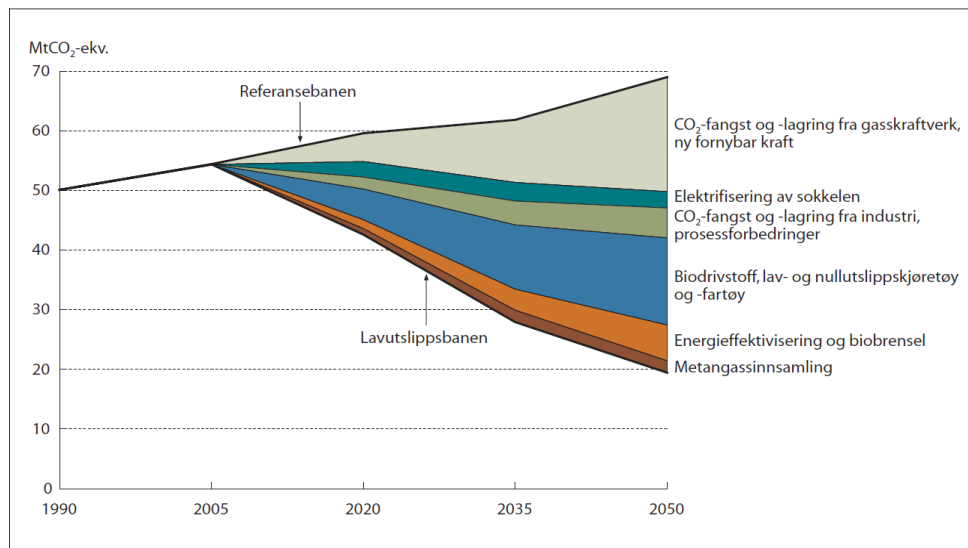
I henhold til Stortingets klimaforlik skal de norske utslippene av klimagasser reduseres med 15 til 17 millioner tonn CO₂ innen 2020. Utslippene skal ned til mellom 42 og 44 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2020.

Klimameldingen St.meld. nr 34 (2006-2007) og Stortingets klimaforlik bygger i stor grad på data, tiltak og anbefalinger som drøftes av Lavutslippsutvalget (LU) i NOU 2006:18. Utvalgets mandat var å utrede hvordan Norge kan redusere klimagassutslippene med 50 - 80 prosent fra dagens nivå innen 2050.

Et viktig premiss i LU's analyse er at norske klimagassutslipp vil øke betydelig gjennom bygging av gasskraftanlegg som igjen gjøres for å imøtekomme økt innenlandsk elektrisitetsetterspørsel.

I figur 3 inngår gasskraftverkernes utslipp i en *referansebane* som framskriver klimagassutslipp uten spesielle klimautslippsbegrensende tiltak som for eksempel CO₂ håndtering.

I sitt alternativ, *lavutslippsbanen*, legger LU til grunn at kraftoppdekningen som skjer med gasskraft skal skje med CO₂-håndtering og legger vekt på at Norge kan ha et komparativt fortrinn i å utvikle teknologi innenfor CO₂-fangst og lagring.



Figur 3 Referanse- og lavutslippsbanen ihht Lavutslippsutvalget.

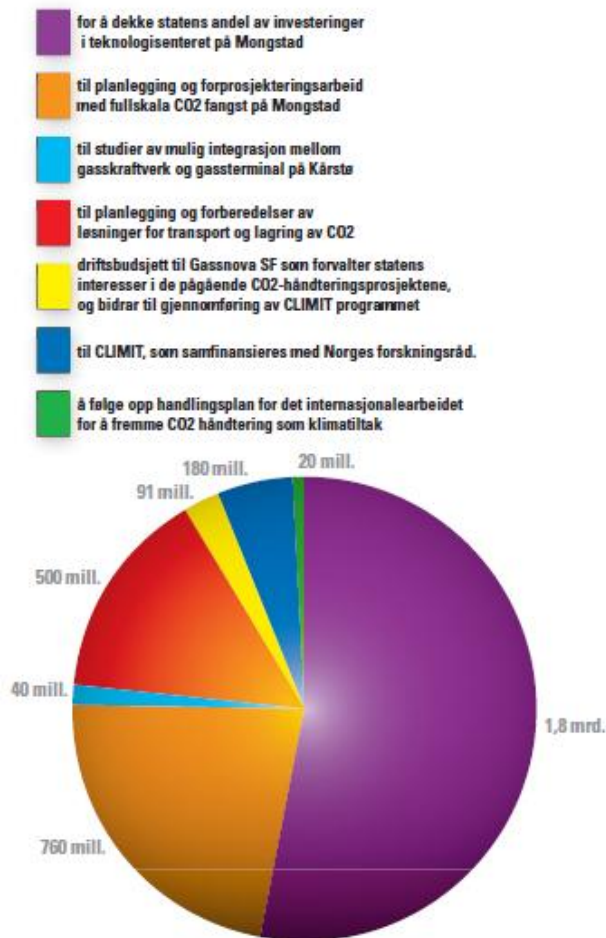
Helhetsløsningen for å kunne følge en lavutslippsutvikling (lavutslippsbanen) bygger blant annet på at det settes i verk teknologbaserte tiltak innenfor de fleste sektorer.

Som en oppfølging av LU's analyse foreslo regjeringen gjennom *klimameldingen* (blant annet) at det skal utformes sektorvise mål og sektorvise klimahandlingsplaner for å identifisere de virkemidlene som gir kostnadseffektive utslippsreduksjoner.

Vanligvis lager norske myndigheter generelle og nøytrale virkemidler som aktørene i næringslivet tilpasser seg. I utgangspunktet skal også de økonomiske virkemidlene (avgifter og kvoter mv) som benyttes i klimapolitikken være næringsnøytrale. Dette er også tilråningen fra NOU 2009: 16 (virkemiddelutvalget). De påpeker at dagens bruk av virkemidler gir svært ulike intensiver til utslippsreduksjoner avhengig av hvilke sektor eller energivare utslippene stammer fra, og konkluderer med at dagens virkemiddelbruk overfor CO₂ utslipp ikke tilfredsstiller kravet til kostnadseffektivitet.

Om CO₂-håndtering som klimatiltak

I statsbudsjettet for 2010 foreslås det bevilget nær 3,5 milliarder kroner til CO₂ håndtering. Figur 4 viser hvordan midlene planlegges å brukes.



Figur 4. Planlagt fordeling av midlene til karbonhåndtering over statsbudsjettet i 2010. Kilde: OED og Mandag morgen 35/2009

Valgene som er gjort i forbindelse med CO₂ håndteringstiltak er på mange måter det motsatte av det som anbefales i NOU 2009: 16. og peker ut prosjekter som skal CO₂ renses. Dette er ikke å anbefale ut fra generell økonomisk teori. Myndighetene bør først klargjøre målene og deretter kartlegge hva som er de mest effektive tiltakene. Ellers risikerer man å feilallokere ressurser til reduksjon av CO₂-utslipp og får en lavere utslippsreduksjon enn man ellers kunne oppnådd.

Det er imidlertid forhold som kan nyansere de generelle anbefalingene. Ettersom Norge er verdens nest største gassseksportør, og gassproduksjonen er stigende og vil være høy i mange år framover, har Norge en nasjonal interesse av å bidra til effektiv karbonfangst fra gass. Årsaken er at dette vil bidra til å sikre grunnrenten i norske gassreserver. Dersom man løser problemet med karbonfangst for kull og ikke gass, kan dette ha negativ påvirkning for gassprisen. Det er også av relevans at Norge har mye kompetanse knyttet til gass, og at vi har gasskraftproduksjon men – med unntak av Svalbard - ikke kullkraftproduksjon

Samfunnsøkonomiske nyttekostnadsanalyser er i sin natur nasjonale – der en beregner den samfunnsøkonomiske effekten for det enkelte land. Ettersom klimautfordringen er global, vil

det imidlertid ofte være sammenfall mellom nasjonale og internasjonale målsettinger. Men det kan altså også være faglige begrunnede avvik mellom de to lønnsomhetsmålene. Etablering av en pris på karbon har den klare fordelen at man da får realisert de rimeligste klimatiltakene. Denne type kostnadseffektivitet er også lagt til grunn hos Lavutslippsutvalget, som konkluderer med at klimaproblemet kan løses med overkommelige kostnader. En gyldig kritikk mot disse rapportene er at de ikke tar hensyn til politiske beskrankninger. I praksis er det for eksempel vanskelig å benytte nøytrale økonomiske virkemidler (nøytrale miljøskatter) men heller velger beskatning etter betalingsevne m.v. Et relevant eksempel fra Norge er strengere klimaregulering og -beskatning på sokkelen enn på land.

Andre årsaker er at nasjonalstatene oftest står overfor en blanding av nasjonale og overnasjonale målsettinger. Den overnasjonale målsettingen om klimatiltak avveies mot nasjonale hensyn. Nærliggende er koblingen mellom klimatiltak og utvikling av nasjonalt næringsliv. Det kan derfor være stor forskjell mellom de på kostnadseffektive virkemidlene og de som faktisk settes i verk.

Det finnes flere alternative utredningsmiljøer som foreslår supplerende alternative tiltak og virkemidler enn det som presenteres i klimameldingen. Et viktig referanse her er f.eks "Bellonameldingen" (2008-2009). I virkemiddelanalysen har Bellona en detaljert sektortilnærming og er konkret mht forslag til virkemiddelbruk innenfor de ulike sektorene. Kostnadene ved de enkelte tiltakene blir imidlertid ikke tallfestet i Bellonameldingen.

Kvotepriisen og nasjonale tiltakskostnader

Norge er tilsluttet EUs kvotemarked, som i dag omfatter omtrent 40 prosent av norske klimagassutslipp. EUs kvotesystem omfatter 12 000 anlegg og prisutviklingen på kvoter har vært fallende siden 3. Kvartal 2008.



Figur 5. Pris (Euro pr. tonn CO₂) og omsatt volum (mill tonn CO₂ i det europeiske kvotemarkedet.) 2005-2009. Kilde: Point Carbon.

Jf. figur 5 ligger kvotepriisen i 3. Kvartal 2009 på ca 14 Euro pr. tonn (området 130 til 140 kroner pr. tonn, gitt dagens valutakurs). Forwardprisene i desember 2012 ligger på ca 15 Euro pr. tonn.

Dersom man (teoretisk) vet kostnadene ved klimaendringer, er det også (teoretisk) mulig å beregne hvilke utslippsreduksjoner som gir de laveste kostnadene totalt sett. Slike analyser og beregninger er bl.a. beskrevet i NOU 2009:16. Resultatene antyder at EUs og Norges mål krever en framtidig kvotepris som er mye høyere enn dagens.

Prisen på utslippsrettigheter (kvoteprisen) dannes fundamentalt på grunnlag av tilbud og etterspørselen. Ingen kan med sikkerhet si hva kvoteprisen blir i 2020, særlig fordi de politiske beslutningene har stor betydning. EUs klima- og energipakke ble lagt fram i 2008, med mål om 20 prosent kutt i utslipp av klimagassene, 20 prosent andel fornybar energi og 20 prosent energieffektivisering innen 2020. Pakken legger premissene for EUs klimapolitikk i årene som kommer. De overordnede rammene for utviklingen i kvoteprisen i Europa synes ganske klare.

Kvoteprisen styres også av økonomisk vekst og energibruk og av utviklingen i prisene på alternative energiressurser som olje, gass og kull. Andre faktorer som har betydning er hvor raskt utbygging av fornybar energi skjer. Dersom EUs kvotesystem kobles til eventuelle nye kvotehandelssystemer i andre deler av verden, for eksempel USA, vil det også spille inn. Et utvidet kvotehandelssystem vil gi økt tilgang på rimelige utslippsreduksjoner og dermed lavere priser.

For en nærmere omtale av kvoteprisregime og vurdering av framtidige kvotepriser vises til NOU: 2000:1 og NOU 2009: 16 (Vedlegg av M. Hoel; Klimapolitikk for en liten økonomi) og Klimakur 2020: 2009 ; Vurdering av framtidige kvotepriser).

Til tross for usikkerheten er det viktig å ha et best mulig anslag for framtidig kvotepris basert på den kunnskapen som faktisk er tilgjengelig. Klimakur 2020 har bedt Statistisk sentralbyrå og PointCarbon å "best guess" for kvoteprisutviklingen. I sitt hovedscenario anslår SSB og PointCarbon at kvoteprisen vil stige til 40 euro pr tonn i 2020, og dette vil også bli lagt til grunn i etatsgruppens sluttrapport.

En enkel økonomisk tilnærming til klimapolitiske tiltak er å eksponere næringslivet (både på land og på sokkelen) mot den internasjonale kvoteprisen for CO₂. Men klimapolitisk ønsker man å gjøre mer innenlands enn denne tilpasningen gir fordi kvoteprisen i utgangspunktet er for lav til å nå klimamålsettingene. Man må da forsøke å stipulere et beløp per tonn CO₂ som vil være tilstrekkelig for å nå klimamålene.

En rendyrket økonomisk tilnærming tilsier at det er bedre å satse på internasjonale tiltak dersom kvoteprisen er lavere enn de nasjonale tiltakskostnadene. Selv om det er riktig ihht økonomisk teori vil styringsproblemer, internasjonale avtaler og politiske føringer helle i retning av nasjonale tiltak skal iverksettes. Men også her er det sentrale at en får mest mulig ut av midlene som skal brukes innenlands (en nestbeste tilnærming). Det vil si at kostnadseffektivitetskriteriet sier at en skal stille alle næringer likt og realisere de rimeligste tiltakene først. Ut fra dette perspektivet virker det ikke riktig at man f.eks pålegger oljenæringen både CO₂-avgift og CO₂-kvoter, mens man samtidig subsidierer kraftkrevende industri gjennom å garantere for langsiktige kraftkontrakter. Det er også feil med ytterligere fangst av karbon fra oljenæringen ettersom tiltakskosten er lavere innen industrien på land.

Miljøpåleggene påføres mer etter betalingsevne enn etter faktiske utslipp og rensekostnad. Dette gir mindre karbonrensing ved et gitt budsjett.

Om beregning av tiltakskostnader

Beregning av kostnadene for å nå målene for klimagassutslipp kan gjøres både i makro- og mikro. Mikromodeller er kan være viser konsekvensene av ulike rensetiltak og renseeknologi, men tar ikke hensyn til ringvirkningene i makro. Et eksempel er f.eks. at hvis en setter i gang en storstilt produksjon av biodrivstoff krever dette økt bruk av arbeidskraft og areal, noe som igjen kan gi knapphet på arbeidskraft i andre sektorer, økte matvarepriser osv. I praksis benyttes mikromodeller oftest for å beregne kostnader og tiltak ved klimagassutslipp.

For å sammenligne tiltakene må de naturligvis beskrives og beregnes fra (mest mulig) like forutsetninger. KLIF's tiltaksanalyser fra 2000, 2005 og 2007 er mikroanalyse eller en såkalt "bottom up" analyse som summerer effekten av enkelttiltak.

For å sammenligne kostnadselementer fra ulike tiltak på ulike tidspunkter, har KLIF beregnet tiltakets merkostnader som en årlig annuitet, der investeringskostnadene og netto driftsutgifter neddiskonteres over tiltakets levetid. Det beregnes en samfunnsmessig og ikke en bedriftsøkonomisk kostnad. I analysene rangeres tiltakene etter kriteriet "kostnad pr. enhet utslippsreduksjon i målåret (2020)". Enheten som benyttes er tiltakskostnaden pr. tonn redusert CO₂ eller rensekostnaden pr. tonn CO₂. KLIF's tiltaksanalyser kan best beskrives som en katalog over mulige nasjonale tiltak som kan iverksettes.

Annuiteter synes å ha blitt en etablert standard ved beregning av miljøkostnader. Det har en pedagogisk fordel ved at tiltakskostnaden kan sammenlignes med kvoteprisen på CO₂, og og at kan sammenligne prosjekter med ulik varighet. . Kvoteprisen vil imidlertid variere over tid. For å benytte annuiteter i beslutningssammenheng forutsetter man strengt tatt en jevn CO₂ reduksjon i prosjektet samt en stabil CO₂ pris.

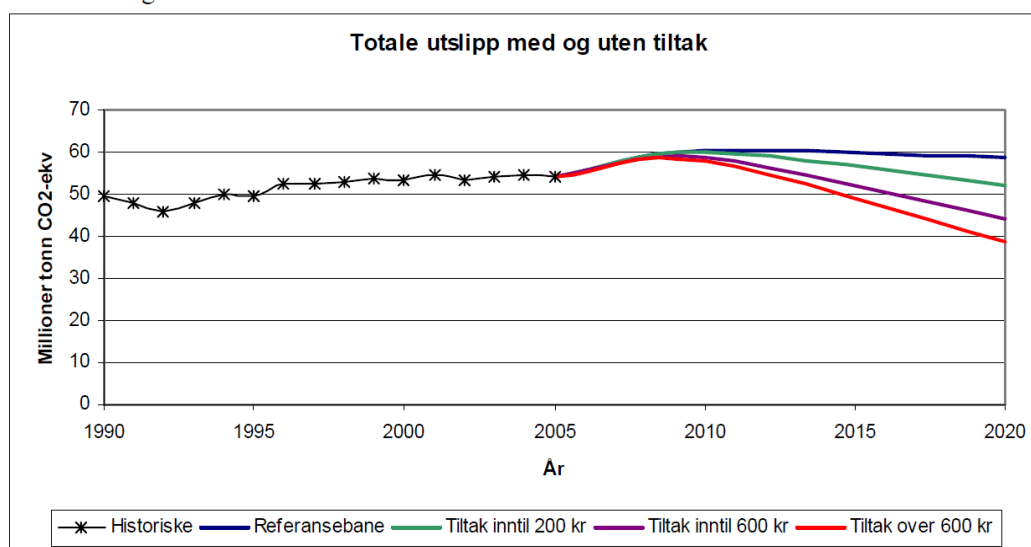
Annuitetskriteriet er nyttig i valg mellom ulike klimatiltak, ettersom man kan sammenligne kostnaden per redusert tonn utslipp av CO₂ for ulike tiltak. Men heller ikke dette er rett fram dersom inntektssidene varierer mellom prosjekter pga ulikt volum og ulik tidsprofil. Det er derfor viktig å operere både med annuiteter og nåverdier, slik som OED gjør i konseptvalgutredningen. Nåverdier er i en del sammenhenger også mer opplysende i forhold til allmennheten. Det er informativt å vite at et tiltak for CO₂ fangst eksempelvis koster 1000 kr per tonn, men det er også nyttig å få med skalainformasjon som for eksempel at nåverdien for et prosjekt er på minus 10 mrd. kroner.

Resultater fra KLIFs tiltaksanalyser

2007- analysen sammenligner tekniske tiltak for å redusere eksisterende utslipp av klimagasser fram til 2020. Framskrivninger viser at utslippene i 2020 vil være 9 millioner tonn høyere enn i 1990., dersom ingen nye tiltak iverksettes. Rensing av CO₂-utslippene fra gasskraftverkene på Kårstø og Mongstad er inkludert i utslippsframskrivningen fra 2020.

KLIF har vurdert tiltakene både med hensyn til kostnader og gjennomførbarhet. Samlet gir de mulige tekniske tiltakene i analysen en potensiell reduksjon på 19,9 millioner tonn CO₂ - ekvivalenter ift. 2020. Dette inkluderer mange typer tiltak, både de som er *vanskelig å gjennomføre* fordi de omfatter mange aktører, *krever omfattende teknologiutvikling og/eller har en høy kostnad*. Kostnadene for de ulike tiltakene er naturligvis beheftet med usikkerhet.

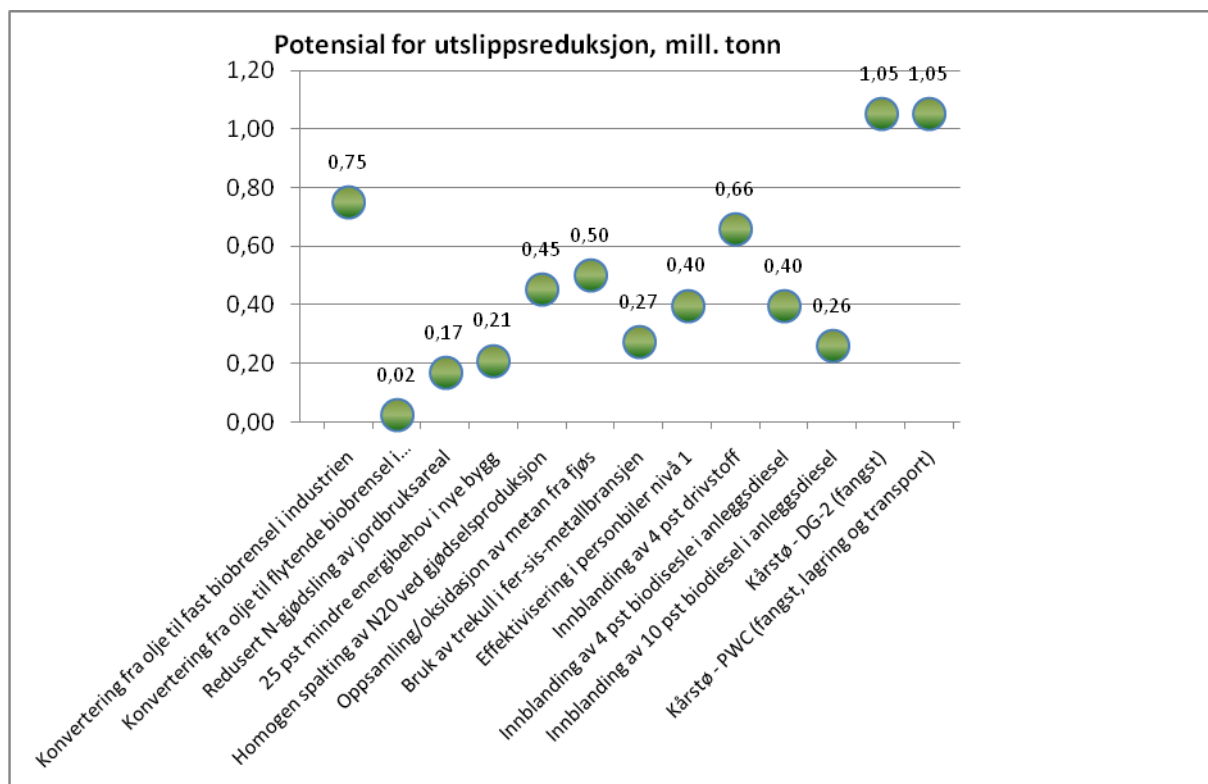
Figur 6 viser utslippsreduksjoner man kan oppnå i 2020 ved å gjennomføre tiltak i ulike kostnadskategorier.



Figur 6. Utslippsreduksjoner i 2020 ved tiltak i ulikekostnadskategorier

Tiltakene er plassert i ulike kostnadsklasser. Tiltak som koster under 600 kr. pr tonn har et potensial for samlede utslippsreduksjoner på 14,4 millioner tonn (11 prosent) i forhold til 2020. Hvis det bare fokuseres på tiltak under 200 kr per tonn iverksettes, som anses som lett gjennomførbare, oppnås bare en utslippsreduksjon på 2,5 millioner tonn.

Ser en hvor mye de ulike tiltakene representerer mht mulig utslippsreduksjon, så innebærer rensaneanlegget på Kårstø – gitt at det går - et relativt stort reduksjonspotensial. I figur 7 er potensialet ved CO₂ fangst på Kårstø sammenlignet med et utvalg andre enkelttiltak.



Figur 7 Potensial for utslippsreduksjon. Mill. tonn. Kilde: KLIF (2007) og Asplan Viak/Terramar

Økt volum eller forbedret teknologi kan bidra til å senke kostnadene. Teknologisk utvikling på klimafeltet skjer både som respons på forventede framtidige priser på utslipp og av nåværende og forventede framtidige subsidier til forskning, utvikling og implementering av ny teknologi. Teknologiske innovasjoner vil på sikt kunne gi grunnlag for lavere kostnader. Teknologitvutvikling knyttet til CO₂ fangst er et av de områdene som det er stilt størst forventninger til.

Blant de rimeligste tiltakene på kostnadskurven er energieffektivisering knyttet til *bygningssektoren*, først og fremst gjennom å erstatte olje til oppvarming med fornybare energikilder, energiøkonomisering i eksisterende bygg og reduksjon av energibehovet i nye bygg. Disse tiltakene ligger i de rimeligste prisklassene. Tiltak innen *avfallssektoren* som går ut på å redusere metangassutslipp gjennom oppsamling og uttak og å redusere mengden av biologisk nedbrytbart materiale er også rimelige å gjennomføre. Slike tiltak vurderes av KLIF til å kunne gjennomføres til en pris på under 200 kroner per tonn. *Energi- og prosesstiltak* innen industrien som blant annet innebærer overgang fra olje til biobrensel og fra fossilt kull til trekull er også relativt rimelig å gjennomføre. Med hensyn til *veitrafikktiltak* finnes det tekniske tiltak som kan redusere utslippene med over 4 millioner tonn. Størst klimaeffekt vil man sannsynligvis få ved heve innblandingen av biodrivstoff i vanlig diesel og bensin til 10 prosent, parallelt med at man øker andelen kjøretøy som går på tilnærmet ren bioetanol og biodiesel. Om lag halvparten av tiltakene i denne sektoren er i prisklassen 200 til 600 kroner

per tonn. Flere mindre tiltak har kostnader på under 100 kr/pr. tonn fanget CO₂. Etatsgruppen "Klimakur 2020" vil legge fram oppdaterte beregninger av tiltakskostnader i februar 2009 ¹⁴.

Også IPCC's studier og anbefalinger knyttet til tiltaksanalyser konkluderer med at det særlig er store gevinster knyttet til energieffektivisering i bygningssektoren. I 2007 vurderte IPCC Intergovernmental panel on Climate Change 2007; Impacts, adaption and vulnerability) at det største potensialet for reduksjoner og som har lave kostnader (under 20 \$ per tonn CO₂) er i bygningssektoren. Ved å utnytte mulighetene til energieffektivisering i nye og eksisterende bygninger, kan en iflg. IPCC unngå 30 prosent av de forventede utslippene innen 2030, og samtidig oppnå netto økonomisk gevinst. Ved å gjennomføre tiltak som koster mindre enn 100 \$ pr. tonn CO₂ kan en iflg. IPCC redusere utslippene fra energisektoren med mellom 2,4 og 4,7 milliarder tonn innen 2030.

IPCC peker også på mange tiltak i transport og industrisektoren, selv om effekten av tiltakene kan motvirkes av veksten i sektoren. Omstilling i jordbruk og skogbruk og ulike avfallstiltak koster også svært lite. IEA-rapporten Energy Technology Perspectives, Scenarios & Strategies (2008) grupperer tiltak mot klimagassutslipp knyttet til hhv ; a) økt energieffektivitet, b) økt bruk av biodrivstoff og fornybare energikilder og c) økt utbredelse av fangst og lagring av CO₂.

Både internasjonale og nasjonale studier viser at enkelte energieffektiviseringstiltak kan ha en årlig positiv kontantstrøm , dvs ha negative kostnader. Det er derfor et sentralt spørsmål hvorfor tiltak med forventet positiv avkastning likevel *ikke* gjennomføres. Lavutslippsutvalget peker på ulike økonomiske, teknologiske, informasjonsmessige og organisatoriske barrierer som hindrer gjennomføring av slike samfunnsøkonomiske lønnsomme prosjekter.

CO₂ fangst fra industriutslipp

KLIF har også vurdert potensial og kostnader ved CO₂ fangst fra industri. Tiltakene har et samlet årlig teknisk reduksjonspotensial på over 5 millioner tonn CO₂ i 2020. Aktuelle punktutslipp som kan egne seg for CO₂ fangst er raffineriet på Mongstad og gjødselproduksjon (Yara) i Porsgrunn. Disse to prosjektene har et reduksjonspotensial på ca 1,3 millioner tonn og kan iflg KLIF trolig gjennomføres til en lavere kostnad enn 600 kroner per tonn.

Tabell 1 gir en oversikt over potensialet knyttet til fangst og lagring av CO₂ fra eksisterende industri.

¹⁴ Mandatet for Klimakur 2020 er tredelt og skal vurdere forventet kvotepris i 2012, 2015, og 2020, gjennomgå internasjonale (særlig europeiske) mål og virkemidler og dens konsekvenser de kan ha for norske virkemidler. Videre skal de vurdere behovet for nye eller endrede virkemidler i norsk klimapolitikk som er styringseffektive og kostnadseffektive på lengre sikt. Etatsgruppen ledes av SFT.

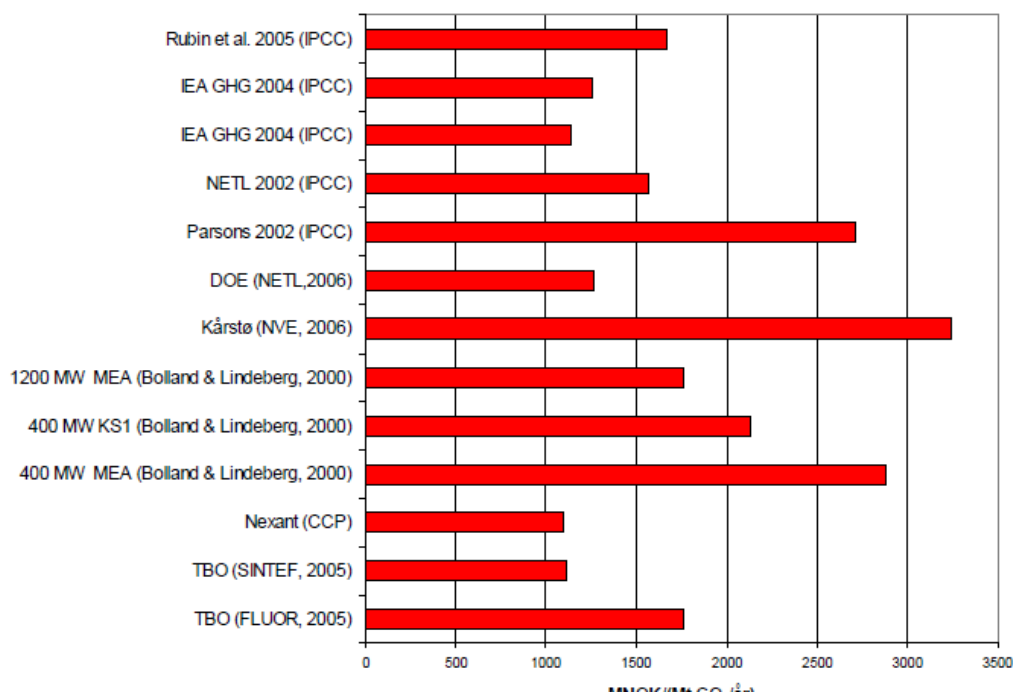
Fangst og lagring av CO₂ fra eksisterende industri

Nr	Tiltak	Reduksjon tonn CO ₂ -ekv (ikke skalert)	Beskrivelse
DE10	Fangst og lagring fra cracker på Mongstadraffineriet	765 000	Omfatter utslipp fra crackeren
DE11	Fangst og lagring fra gassterminalen på Kårstø	820 000	Omfatter 70% av utslippene fra gassterminalen på Kårstø
DE12	Ytterligere fangst og lagring fra gassterminalen på Kårstø	300 000	Omfatter ytterligere utslipp fra gassterminalen på Kårstø
DE13	Fangst og lagring fra landanlegget på Snøhvit	780 000	Omfatter 5 gassturbiner for produksjon av el og varme på landanlegget.
DE15	Fangst og lagring fra Norcem Brevik	810 000	Omfatter utslipp fra brenning av kalkstein, fossil brensel og biobrensel.
DE16	Fangst og lagring fra Yara Porsgrunn	500 000	Omfatter utslipp fra ammoniakkproduksjon og fyringsanlegg
DE17	Ytterligere fangst og lagring fra Yara Porsgrunn	200 000	Omfatter ytterligere utslipp fra ammoniakkproduksjonen og fyringsanlegget
DE18	Fangst og lagring fra Noretyl Rafsnes	340 000	Omfatter utslipp fra energianlegget
DE19	Fangst og lagring fra metanolfabrikken på Tjeldbergodden	140 000	Omfatter utslipp fra metanolfabrikken
DE20	Fangst og lagring fra Hydro Aluminium Sunndal	425 000	Omfatter utslipp fra renseanleggene ved ovnene på Hydro Aluminium Sunndal

Tabell 1 Potensial for fangst og lagring av CO₂ fra eksisterende industri. Kilde : KLIF: 2007

På oppdrag av KLIF har SINTEF og Tel-tek sett nærmere på kostnader ved CO₂-fangst fra store norske punktutslipp hhv: raffineriet på Mongstad, gassbehandlingsanleggene på Kårstø og Melkøya, Norcem Brevik, Yara Porsgrunn, Noretyl Rafnes, Tjeldbergodden metanolfabrikk, Norfrakalk og Hydro Aluminium Sunndal. I kostnadsberegningene forutsettes bruk av etterforbrenningsteknologi (post-combustion) for innfangning av CO₂ fra røykgass og aminteknologi. Bedriftenes åpenhet omkring data og kostnader karakteriseres i rapporten fra SINTEF som "varierende". Undersøkelser fra både SINTEF (2008) og Tel-tek (2009) viser at fangstkostnadene er pr. tonn redusert CO₂ er billigere fra industrielle punktutslipp enn ved CO₂ rensing fra gasskraftverk. Det understrekes av Tel-tek (2009) at slike kostnadsberegninger har hatt en tendens til å underestimere de faktiske investerings- og driftskostnadene.

SINTEF (2008) har sammenlignet tidligere studier av investeringskostnader pr. tonn fanget CO₂ for gasskraftverk med CO₂ håndtering.



Figur 8. Gasskraftverk med CO₂ håndtering. Investeringskostnader pr. tonn CO₂, 2007 – tall. SINTEF, 2008

Som det framgår av figur 8 ligger kostnadene i snitt på ca 1500 kr. tonn¹⁵

Nyere studier av kostnader ved CO₂ håndtering

Forskere peker på at mange av de kostnadsberegningene som er gjort av CO₂ fangst har lav troverdighet fordi hemmelighold av data gjør at beregningene som er gjort ikke er etterprøvbare. Beregningene som er gjort kan også ha utelatt viktige aspekter og i et livssyklusperspektiv reduserer et kullkraftverk med CCS klimautslippene med 65–80 prosent, og ikke med 90 prosent, slik det ofte antas (Hanson et.al., 2009)

IPCC (2005) er betegnet som et referanse- eller oppslagsverk over de forskjellige studiene som er gjort knyttet til CO₂ håndtering. I rapporten legges til grunn at CO₂ fangst kan utgjøre en stor del av de globale utslippsreduksjonene på lang sikt.

IPCC's klimapanel delrapport om klimatiltak (2007) vurderer kostnader for håndtering av CO₂ fra prosessindustrien. IPCC konkluderer med at eksisterende kostnader for fangst og geografiske lagring av CO₂ fra prosessutslipp varierer mellom 40-740 kr. tonn CO₂. IPCC forventer at de dyreste CO₂ håndteringstiltakene i prosessindustrien på sikt (2030) vil kunne reduseres til under 100 US \$.

Aune et al (2009) og Al-Juaied og Whitmore (2009) har sammenlignet kostnader for CO₂ fangst fra henholdsvis kullkraftverk, gasskraftverk og industriutslipp.

¹⁵ Kostnadene for Kårstø er beregnet etter en særskilt omregningsmetodikk og kan ikke direkte sammenlignes med NVE (2006)

Australia er verdens største kulleksportør planlegger å bruke fire millioner australske dollar for å utvikle CCS. I følge en rapport utført av Global CCS Institute (Mandag Morgen 35/09) som ble lansert av regjeringen i Australia tidligere i år, vil karbonfangst- og lagring sannsynligvis ikke bli lønnsomt før i 2030-2040.

For å illustrere omfanget kan en sammenligne med hva man alternativt kan få for midlene. Tar en utgangspunkt i at investeringskostnadene knyttet til fangstanlegget alene (jf DG 2 med ulike forutsetninger) utgjør om lag 6, 6 mrd kroner. Til sammenligning utgjorde de samlede statlige utgiftene til jernbaneforvaltning i 2009 8,8 mrd. kroner.

Internasjonale rammebetingelser

Lagring av CO₂ og lagringsvedtaket

Det finnes et omfattende internasjonalt regelverk som skal sikre at lagring av CO₂ gjennomføres på en miljømessig sikker måte. De er knyttet til hhv Londonprotokollen, Osparavtalen og EU-direktiv.

Et overordnet krav til geologisk lagring av CO₂ fra Kårstøfangstanlegget i Nordsjøen er naturligvis at det ikke bryter med internasjonale avtaler på området. Den internasjonale *Londonprotokollen* (inngått mellom 37 parter) er en global konvensjon som regulerer disponering av avfall og annet materiale til havs. I et vedtak fra Londonprotokollen, ultimo oktober 2008, ble det åpnet for at CO₂ kan eksporteres til andre land for lagring i undersjøiske formasjoner. Konvensjonsendringene betyr blant annet at CO₂ fra fangstanlegg i andre europeiske land (og Norge) kan lagres i for eksempel Utsira-formasjonen i Nordsjøen. De vedtatte endringene vil tre i kraft når 2/3 av konvensjonens parter har ratifisert disse. Det er vanskelig å forutsi hvor lang tid det vil ta før de nødvendige ratifikasjonene er på plass. Erfaringsvis tar slik ratifikasjon noe tid (sannsynligvis noen år). Samtidig vil aktuelle prosjektplaner, herunder EUs kommende demonstrasjonsprosjekter, fungere som et intensivt tryk på ratifikasjon i mange land.

Klimapolitikk innenfor internasjonale avtaler med kvoter

Selv om Norge ønsker å føre en ambisiøs klimapolitikk, og redusere klimagassutslippene gjennom f.eks bygging av et anlegg for CO₂-håndtering på Kårstø, er det ikke opplagt hva dette innebærer for den konkrete utformingen av den norske klimapolitikken¹⁶.

Norske utslipp av klimagasser utgjør en liten del av verdens samlede utslipp. Uansett hvor mye Norge reduserer egne utslipp vil den direkte virkningen på klimautviklingen være tilnærmet null. Kvoteprisutviklingen vil bli bestemt av blant annet kvotetaket og teknologiutviklingen.

¹⁶ Teksten i dette avsnittet bygger på vedlegg til NOU: 2009:16

I Norge bør en gjennomføre de og bare de utslippsreducerende tiltakene som er lønnsomme til den internasjonale kvoteprisen. I Kyoto-avtalen er det noen formuleringer som kan tolkes som en begrensning på hvor store kvoter et land kan kjøpe i utlandet. Er denne begrensningen en bindende skranke for Norge, må den interne prisen på utslipp i Norge være høyere enn den internasjonale kvoteprisen. En enkel måte å oppnå en intern norsk utslippspris som er høyere enn den internasjonale kvoteprisen, er å innføre en norsk utslippsavgift i tillegg til kvoteplikten.

En klimaavtale hvor mange land ikke har noen forpliktelser i det hele tatt er i utgangspunktet svært lite kostnadseffektiv. I Kyoto-avtalen har en forsøkt å bøte på dette gjennom den såkalte «Clean Development Mechanism» (CDM). Poenget med denne ordningen er at i-land i stedet for å redusere egne utslipp skal kunne betale u-land for at de reduserer sine utslipp. Dette gjøres ved at u-land kan utstede CDM-kvoter i et omfang svarende til de utslippsreduksjonene de påtar seg. Ved at I-landene kjøper slike CDM-kvoter gir dette dem mulighet til å slippe ut mer enn det som svarer til deres initiale utslippstak i henhold til Kyoto-avtalen.

Når bare et begrenset antall land slutter seg til en internasjonal klimaavtale (som dagens Kyoto-avtale) oppstår problemet med såkalt karbonlekkasje: Tiltak i et land for å redusere utslipp av klimagasser kan føre til økte klimagassutslipp i andre land. Det er flere mekanismer bak dette. De viktigste er trolig at utslippsreducerende tiltak i ett land vil redusere etterspørselen etter fossile brensler (kull, olje og gass) i dette landet, noe som bidrar til lavere priser på fossile brensler. Den lavere prisen bidrar til økt bruk av fossile brensler i landene uten klimapolitikk. Den andre mekanismen er at utslippsreducerende tiltak i ett land vil øke kostnaden for utslippsintensive produksjonssektorer. Dette bidrar til økte internasjonale priser for produktene fra disse sektorene, slik at det blir mer lønnsomt å produsere slike produkter i land uten klimapolitikk. Tiltak bare i Norge kan gi opphav til karbonlekkasje. Dette innebærer at dersom en skal maksimere samlede utslippsreduksjoner i verden for en gitt kostnad, må en i prinsippet ta hensyn til hvordan ulike tiltak i Norge påvirker utslipp i utlandet. Det sier seg selv at dette i praksis kan være svært vanskelig eller umulig. I praksis er en derfor nødt til å se bort fra slike indirekte virkninger siden de vanskelig lar seg beregne.

I den norske klimadebatt argumenteres det for at visse typer tiltak i Norge kan bidra til teknologiutvikling og som på sikt kan bidra til utslippsreduksjoner i utlandet. Dette argumentet kan ha noe for seg, men det er svært vanskelig både å anslå sannsynligheten for vellykkede teknologiske gjennombrudd og hvor mye slike tieknologitiltak kan bety for utslippsreduksjoner i utlandet.

Selv om Norge som hovedprinsipp innretter klimapolitikken slik at vi gjennomfører «vår del av en god internasjonal klimapolitikk», kan det argumenteres for at det kan gjøres unntak fra dette hovedprinsippet for noen sektorer. Det er i hvert fall to argumenter for dette:

- i. Vi ønsker ikke «dobbelregulering» av de delene av norsk økonomi som er omfattet av EUs kvotesystem.
- ii. Tilleggsreguleringer av utslipp som omfattes av EUs kvotesystem vil bare flytte på utslipp innenfor utslippstaket bestemt av samlet kvotemengde innen dette systemet.

Dersom prinsippet om å føre vår del av en god internasjonal klimapolitikk innebærer en høyere utslippspris i Norge enn kvoteprisen i EU (jf i), må en på en eller annen måte regulere utslippene til bedriftene som omfattes av kvotesystemet. Det mest nærliggende er å tenke seg at de i tillegg til kvoter må betale en CO₂-avgift slik som petroleumssektoren må gjøre i dag. Selv om dette er fullt mulig, vil bedriftene som omfattes av dette være klart negative til dette. En kan også argumentere for at en i minst mulig grad bør «tukle med» kvotesystemet i EU, som til tross for sine svakheter er et eksempel på en forholdsvis velfungerende internasjonal avtale.

Samlet utslippsmengde fra de sektorene som omfattes av EUs kvotesystem er bestemt av de samlede tildelte kvotene innenfor dette systemet. Dersom norske bedrifter får en CO₂-avgift på toppen av kvoteplikten og dermed reduserer sine utslipp, vil de også bruke færre kvoter. Dermed blir det flere kvoter og større utslipp i resten av området som er dekket av EUs kvotesystem. Særnorske tilleggsreguleringer vil altså bare flytte på utslipp, og ikke ha noen direkte virkning på samlede utslipp i verden (jf ii) Samtidig vil slike tilleggsreguleringer påføre Norge en kostnad, og det kan være vanskelig å argumentere for at vi skal påta oss en kostnad bare for å flytte utslipp fra Norge til andre europeiske land.

Dersom vi ikke har lik utslippspris for alle norske sektorer, får vi ikke intern kostnadseffektivitet i Norge: I en situasjon med ulike utslippspriser for ulike norske sektorer kan en senke totalkostnaden for Norge ved å omfordele utslipp mellom sektorer samtidig som de samlede norske utslipp holdes konstant. Med lik utslippspris for alle norske utslipp får en intern kostnadseffektivitet i Norge. Men så lenge resten av verden ikke fører en like ambisiøs klimapolitikk som oss, får vi uansett ikke global kostnadseffektivitet.

VEDLEGG 2

INPUT, KVANTITATIV ANALYSE

Innledning

Kvantifiserbare effekter er beskrevet i kap. 5. Foreliggende Vedlegg angir metode, verktøy og input til analysene. Forutsetninger for analysene er gitt i kap. 5.2.2.

Overordnet tilnærming

Analysene er gjennomført etter metoden beskrevet i Rammeavtalen.

- Usikkerhetsanalyse av investeringskostnadene
- Usikkerhetsanalyse av driftskostnadene
- Usikkerhetsanalyse av 'inntektssiden' fra kvotesalg
- Det er forutsatt at alle disse kontantstrømmene er usystematiske unntatt markedsusikkerhet
- Alle kontantstrømmene er lagt ut i tid med en antatt profil på investeringen
- Forventningsverdiene fra alle bidrag unntatt markedsusikkerhet er simulert sammen med stokastisk markedsusikkerhet
- Restverdien av CO₂-håndteringsanlegget er antatt å være 0
- Skattekostnad 20% er addert
- Endelig nåverdi beregnes basert på 2% risikofri diskonteringsrente

Metode og verktøy

Analysene er etablert i Excel. Usikkerhet er dekket gjennom Monte Carlo simulering der usikre parametre representeres ved et trepunkts estimat

- p10, i ett av 10 tilfeller kan kostnadene (eller andre parametre) bli så lave
- basis verdi
- p90, i ett av 10 tilfeller kan kostnadene (eller andre parametre) bli så høye

og evt. sannsynlighet (%) for at usikkerheten inntreffer.

Deretter simuleres 5000 mulige utfall av prosjektet for å avdekke det resulterende usikkerhetsspennet.

Simuleringen dekkes av Excel-tilleggsmodul @RISK (www.palisade.com)

Typer usikkerhet

Det skilles mellom ulike typer usikkerhet:

Estimatusikkerhet, er usikkerhet i rater, enhetspriser og mengder, og relaterer seg til de elementer som inngår i prosjektets kostnadsestimat. Denne usikkerheten uttrykkes ved et spenn fra optimistisk, via mest sannsynlige (basis), til pessimistisk verdi. Usikkerheten er vurdert for det enkelte kostnadselement.

Generelle forhold (Usikkerhetsdrivere). Dette er overordnede usikkerheter med effekter for hele eller deler av prosjektet. Denne usikkerheten uttrykkes ved et spenn fra optimistisk, via

mest sannsynlige til pessimistisk verdi og modelleres direkte i MNOK eller som prosent av andre sumposter.

Hendelsesusikkerhet, er usikkerhet som en konsekvens av identifiserbare hendelser og relaterer seg til forhold som ikke direkte er hensyntatt i kalkylen, men som kan påvirke prosjektets kostnader. Usikkerheten er knyttet til en sannsynlighet for at hendelsen inntreffer (% sannsynlighet), og konsekvensen (MNOK) uttrykt ved en sannsynlighetsfordeling.

I tidlige vurderinger av prosjekter som dette, er det sjelden at det er identifisert signifikante hendelsesusikkerheter og det er ingen slike i foreliggende analyser.

Korrelasjoner

I en usikkerhetsanalyse deles prosjektet i ulike elementer som vurderes mhp. usikkerhet. For mange elementer vil usikkerheten trekke i samme retning slik at dersom ett element skulle ende ut med en høy verdi, vil andre elementer ha en større sjanse for å ende ut med høyere enn lavere verdier, og vise versa for en lav verdi på første element.

Dersom denne effekten ikke dekkes i analysene, vil det resulterende usikkerhetsspennet bli underestimert. Effekten kan hensyntas på ulike måter, bl.a. gjennom såkalte korrelasjoner som beskriver samvirke mellom enkeltelementer gjennom et tall mellom -1 og +1. -1 representerer fullt negativt samvirke, +1 tilvarende fullt positivt samvirke. I usikkerhetsanalyser vil korrelasjonene som oftest være positive, gjerne i området 0.5-0.8.

Estimatusikkerhet, investering og drift

Alle investeringsposter er framkommet i samme estimeringsprosess og er korrelert med faktor 0.5.

Tilsvarende for driftskostnader, men disse er korrelert separat for fangst, transport og lagring.

FANGST INVESTERING

Element	Basiskostnad (MNOK)	min	max
Fangstanlegget EPCI	3 900	0,85	1,30
Tilkoblinger mot gasskraftverket	480	0,85	1,30
Tomt og kjølevann	340	0,85	1,30
Tjenester under bygging (betalt av eier)	300	0,85	1,30
Eiers kostnader (for oppfølging og adm)	600	0,85	1,30
Uspesifisert (15%)	980	0,85	1,30

TRANSPORT INVESTERING

Lengde (km)	231			
Element	Basis (MNOK/km)	Basis (MNOK)	min	max
Entreprenør, ledelse og adm	0,35	81	0,85	1,30
Rør, innkjøp og legging	6,51	1502	0,85	1,30
Overdekning og spools, innkjøp og installering	0,53	122	0,85	1,30
Ferdigstillelse og idriftsettelse av rør	0,28	65	0,85	1,30
Tredjepartsverifikasjon	0,14	32	0,85	1,30
Prosjektteam operatør	0,28	65	0,85	1,30
Forsikring	0,21	48	0,85	1,30
Onshore rørgate		77	0,85	1,30
Uspesifisert		299	0,85	1,30

LAGRING INVESTERING

Element	Basis (MNOK)	min	max
Subseastasjon (EPC)	437	0,85	1,30
Kontrollkable (EPC)	133	0,85	1,30
Marine operasjoner	167	0,85	1,30
Modifikasjoner plattform	65	0,85	1,30
Verifikasjonsbrønn	160	0,85	1,30
Brønner (boring og komplettering)	952	0,85	1,30

FANGST DRIFT

Element	Basiskostnad (MNOK)	min	max
Elektrisk kraft	125	0,70	1,30
Damp	121	0,70	1,30
Andre variable kostnader	22	0,70	1,30
Bemanning	17	0,85	1,30
Vedlikehold	68	0,85	1,40
Tjenestekontrakter	18	0,85	1,30
Andre faste driftskostnader	32	0,85	1,30
Contingency	60	0,85	1,30

TRANSPORT DRIFT

Lengde (km)	231			
Element	Basis (MNOK/km)	Basis (MNOK)	min	max
Overhead (per 100 km)	2	5	0,85	1,30
Inspeksjonskostnad (per 100 km)	2	5	0,85	1,30
Engineering services (per 100 km)	1	2	0,85	1,30

LAGRING DRIFT

Element	Basis (MNOK)	min	max
Offshore personell	4,1	0,85	1,30
Vedlikehold og monitorering brønn	6,2	0,85	1,30
Subsea inspeksjon og vedlikeholdsarbeid	5	0,85	1,30
Seismikk og monitorering	12,5	0,85	1,30
Offshore organisering, RESU og lisensadministrasjon	1,1	0,85	1,30
Contingency	5,8	0,85	1,30
Forsikring plattform flyter	0,4	0,85	1,30
Forsikring subseasystemer, kontrollkable og brønner	3,7	0,85	1,30

Generelle forhold (usikkerhetsdrivere)

Element	basis	Sanns (%)	min	mid	max
(U) Markedsusikkerhet investering	10 804	100 %	-20 %	0 %	20 %
(U) Gjenstående designutv inkl. reservoir	10 804	100 %	-10 %	5 %	25 %
(H) Reservoir teknisk og regulatorisk	1	0 %	100	500	3000
(U) Prosjektgjennomføring	10 804	100 %	-5 %	5 %	25 %
(U) Markedsusikkerhet drift	514	100 %	-15 %	0 %	15 %

Driftsmønster

Gasskraftanlegget vil år for år kunne oppleve store variasjoner i oppetid, med ekstremtilfeller av full drift hele året og null drift enkelte år.

Det er forventet at tendensen over tid vil være økende oppetid. I modellen er driftsmønsteret derfor modellert med

- Sannsynligheten for null drift et år er modellert med sannsynlighet 20 % første år, minkende til 10 % siste år

- Sannsynligheten for full drift et år er modellert med sannsynlighet 10 % første år, økende til 35 % siste år
- Den resterende sannsynligheten (drift deler av året) er antatt jevnt fordelt mellom null og full drift
- Driftsmønsteret i et år er positivt korrelert med foregående år (auto- eller seriekorrelasjon)

REFERANSER

- Al-Juaied, Mohammed and Whitmore, Adam, "Realistic Costs of carbon Capture" Disc. Paper. Cambridge, Mass: Belfer Center for Science and International Affairs, July 2009.
- Aune, Lie, , Rosendahl, , og Sagen. " Subsising carbon capture, Effects on eenergy prices and market shares in the power market. Disc. Paper. Statistisk sentralbyrå, oktober 2009
- Aune, , Golombek, Greaker, Kittelsen og Røgeberg. CCS in Europe: The long awaited "magic silver bullet" or yet another fiscal burden. Chap. 2 , Disc paper, nov 2009
- Bellona: Bellonameldingen (2008-2009). Norges helhetlige klimaplan. Høringsdokument mai 2009
- EU-direktiv 2009/29/EC - amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community
- Hanson et. al .Usikker månelanding , Kronikk dagsavisen okt 2009
- IEA: Energy Technology Perspectives, Scenarios & Strategies (2008)
- IEA: World Energy Outlook 2009, nov 2009
- IPCC: Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage, New York: Cambridge University Press
- IPCC (2005) Climate Change 2007: Synthesis Report, Valencia, Spain
- KLIF (tidligere SFT): Reduksjon av klimagassutslipp I Norge. Tiltaksanalyse for 2020. 2007
- Klimakur 2020: Vurdering av framtidige kvotepriser. En rapport fra etatsgruppen Klimakur 2020, Statistisk sentralbyrå og PointCarbon, 2009
- Lavenergiutvalget: Energieffektivisering, hovedrapport, juni 2009, OED
- Mandag Morgen ukebrev nr 6/09 og nr 35/09
- NOU 2000: 1: Et kvotesystem for klimagasser – virkemiddel for å møte Norges utslippsforpliktelse under Kyotoprotokollen.
- NOU 2006.18: Et klimavennlig Norge
- NOU 2009. 16. Globale miljøutfordringer- norsk politikk
- SINTEF: Kostnadsestimering av CO₂ håndtering, SINTEF Energiforskning, juni 2008
- TELTEK: "CO₂ fangst av utslipp fra industrianlegg". Tel-Tek rapport 2109020, juni 2009
- St.meld. nr 34 (2006-2007): Norsk klimapolitikk
- Vattenfall og McKinsey. "Carbon Abatement Curve". Pathways to a Low-carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas. Abatement Cost Curve