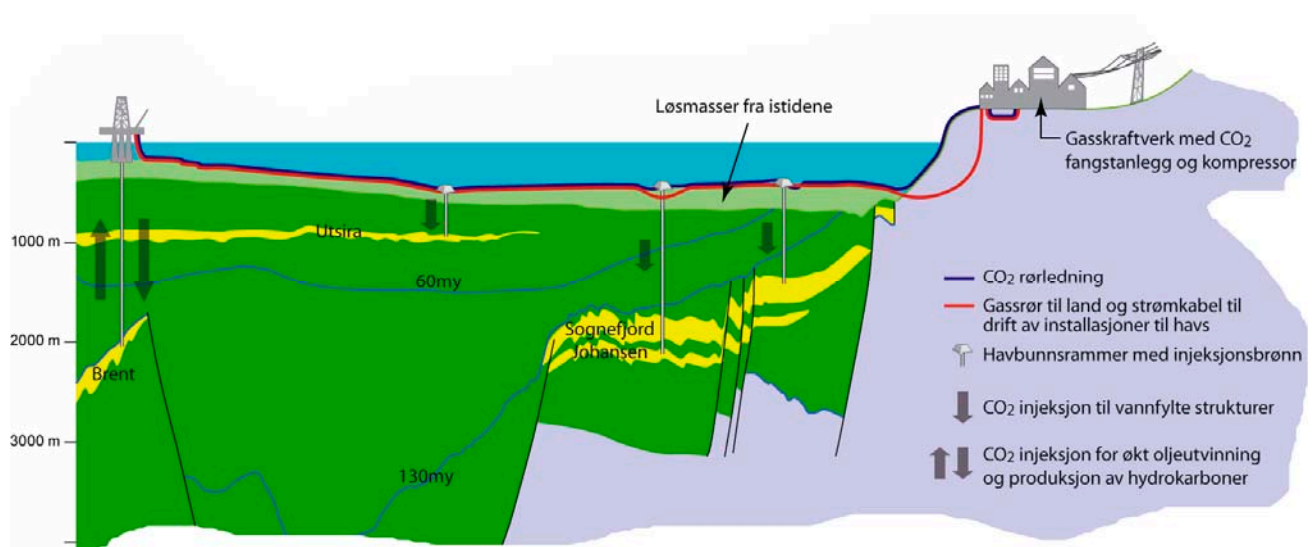


# *Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO<sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad*



*Underlag for beslutning om videreføring til konseptfasen.*

*Utarbeidet av:*

*Gassnova, Gassco, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Oljedirektoratet (OD)*

*September 2007*

## Forord

Denne rapporten er første avrapportering i forhold til oppdrag gitt til Gassnova, Gassco, Oljedirektoratet og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) den 16/11/06 i forhold til å utrede beslutningsgrunnlag knyttet til transport- og deponeringsløsning for CO<sub>2</sub> fra Mongstad og Kårstø.

Rapporten diskuterer ulike deponeringslokaliteter utenfor Vestlandet, ulike transportløsninger, samt kostnader, risiko og mulig tidsmessig gjennomføring av disse.


Arbeidet er utført med støtte fra IKM Ocean design AS, Teekay Fabricom, SINTEF, FMC technologies, Det Norske Veritas og Xrgia.

Porsgrunn 20. september 2007

Svein Eggen  
Prosjektleder  
Gassnova

## Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
2.1	Bakgrunn.....	5
2.2	Mandat og mål .....	5
2.3	Prosjektorganisering og arbeidsprosess .....	6
<b>3</b>	<b>Forutsetninger og grensesnitt .....</b>	<b>7</b>
3.1	CO <sub>2</sub> -kilder .....	7
<b>4</b>	<b>Transport og lagring .....</b>	<b>8</b>
4.1	Tekniske løsninger for transport og deponering .....	8
4.2	Geologisk lagring .....	9
4.3	Beskrivelse av transport og deponerings scenarier .....	11
<b>5</b>	<b>Kostnadsestimater .....</b>	<b>14</b>
5.1	Innledning .....	14
5.2	Kostnader for CO <sub>2</sub> -transport .....	15
5.3	Drøfting av løsninger .....	18
<b>6</b>	<b>Gjennomføringsplan.....</b>	<b>19</b>
6.1	Samordnet fullskala transport og lagring av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad .....	19
6.2	Alternative planer.....	24
6.3	Myndighetsbehandling.....	25
<b>7</b>	<b>Usikkerhet og risiko .....</b>	<b>27</b>
7.1	Tekniske risikofaktorer .....	27
7.2	Risiko for tidsavvik.....	28
7.3	Kostnadsavvik.....	29
7.4	HMS.....	29
<b>8</b>	<b>Konklusjon og anbefaling om videre arbeid.....</b>	<b>30</b>
8.1	Rangering og vurdering av scenarier .....	30
8.2	Samlet vurdering av kostnad, gjennomføring og sikkerhet ved de ulike scenarier ..	30
8.3	Gjennomføring .....	30
8.4	Hovedrisiko faktorer .....	31
8.5	Anbefalt videreføring .....	31

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

## 1 Sammendrag

Rapporten oppsummerer tekniske og økonomiske vurderinger av en rekke scenarier for transport og lagring av CO<sub>2</sub> fra gasskraftverk som er planlagt bygget på Kårstø og Mongstad. Arbeidet skal danne grunnlag for beslutning om videre studier frem til konseptvalg i mars 2008.

Utredningsarbeidet har tatt utgangspunkt i foreliggende planer om fangst av CO<sub>2</sub> på Kårstø i årsskiftet 2011/12, samt avtalen mellom staten og Statoil vedrørende fangst av CO<sub>2</sub> fra kraftvarmeverket på Mongstad fra 2014 og etablering av European CO<sub>2</sub> Test Center Mongstad (TCM) i 2010. I mandatet fra Olje- og energidepartementet (OED) er prosjektet også bedt om å legge vekt på robusthet mhp innfasing av CO<sub>2</sub> volumer utover de kilder som er angitt over, samt mhp mulig bruk av CO<sub>2</sub> til EOR formål.

Som underlag for anbefalingene til OED har det blitt gjennomført:

- Detaljert kartlegging av to akviferer utenfor Vestlandet: Utsira formasjonen (fm) som er velkjent fra Sleipner prosjektet og en ny akvifer som heter Johansen fm som finnes rett vest av Mongstad
- Utredet kostnader ved transport av CO<sub>2</sub> ved rør, skip og en kombinasjon av disse
- Kostnader ved etablering av et felles eller separate deponier
- Vurdering av lagringsstedenes egnethet ut fra sikkerhet og lagringsvolum


For transport og lagring av 0,1 Mt CO<sub>2</sub>/år fra TCM konkluderes det med at det er en skipstransport løsning til et etablert deponi som er gjennomførbart tidsmessig dersom man legger til grunn en forventet beslutnings- og modningsprosess av et slikt prosjekt. Det anbefales at dette skilles ut som et eget prosjekt som må følge teknologiselskapets prosjekt for bygging av fangstanlegget tidsmessig.

For fullskala transport og lagring fra Kårstø og Mongstad konkluderer studiet med en anbefaling om å:


- Utrede videre to lagringslokaliteter: ett i Johansen fm og ett i Utsira fm i Sleipner området. Begge disse lokalitetene har kapasitet til å ta imot store mengder CO<sub>2</sub> over lang tid med lav risiko for lekkasje. Injeksjon via Sleipner A plattformen fremstår som et alternativ for CO<sub>2</sub> fra fangstanlegget på Kårstø alene
- Utrede transport med rør til disse lokasjonene. Det anbefales ikke å utrede videre skipsløsninger for fullskala transport av CO<sub>2</sub> innenfor omfanget av dette prosjektet

Fra et kostnads-, lagringssikkerhet og EOR perspektiv er den nordlige Johansen lokaliteten å foretrekke. Utvikling av et nytt lagringssted i dette området er tidkrevende i planleggingsfasen og det reises tvil ved om dette er gjennomførbart innen 2012. Videreutvikling av lagring i Utsira fm i Sleipner området vil være noe mer kostbart, men vil være å foretrekke ved en hurtig gjennomføringsplan.

Studien peker på at realisering av et integrert fangst-, transport- og lagringsprosjekt vil være krevende teknisk og gjennomføringsmessig for å sikre at alle ledd i kjeden blir ferdigstilt til rett tid med rett funksjonalitet. Studien viser at en samordning av lagring av CO<sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad medfører lavere investeringer. Gjennomføring av dette tidsmessig innen de tidsfrister som foreligger for Kårstø vil være svært krevende. Forutsetninger for å bygge et fangstanlegg er

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	 GASSNOVA
---	------------------------	-------------------	---

kjent fra NVE's studie på Kårstø ([http://webb2.nve.no/modules/module\\_109/publisher\\_view\\_product.asp?iEntityId=9682](http://webb2.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=9682)). Dette studiet peker i tillegg på at etablering av et nytt deponi vil kreve en lang planleggingsfase spesielt der det er behov for innsamling av ny seismikk og boring av en brønn i planleggingsfasen. Realisering er videre betinget av at lovmessig hjemmel og en prosess for myndighetsbehandling blir etablert.

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

## 2 Innledning

### 2.1 Bakgrunn


Bakgrunn for denne rapporten er myndighetenes planer om CO<sub>2</sub>-håndtering fra Naturkrafts nye gasskraftverk på Kårstø, samt den inngåtte avtale 12.10.2006 mellom staten og Statoil vedrørende CO<sub>2</sub>-håndtering på kraftvarmeverket på Mongstad. I avtalen påtar staten seg en sentral rolle mhp å gjennomføre og bekoste en transport- og deponeringsløsning for *testanlegget* og for å dekke kostnader utover Statoils alternative CO<sub>2</sub> kostnad for *fullskalaanlegget*. Tidligere har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) utredet en løsning for deponering av CO<sub>2</sub> fra Kårstø, der myndighetene har påtatt seg hele ansvaret for en eventuell CO<sub>2</sub>-håndtering. OED har ønske om at disse to deponeringsløsninger planlegges og gjennomføres for å sikre størst mulig synergi.

### 2.2 Mandat og mål

I mandatet fra OED datert 16/11/06 med tillegg 20/12/06 heter det: ”OED gir med dette Gassco, Gassnova, OD og NVE sammen i oppdrag å utarbeide et beslutningsgrunnlag knyttet til transport- og deponeringsløsning for CO<sub>2</sub> fra Mongstad og Kårstø. Det bes om vurderinger av alternative transportløsninger og deponeringssteder. Det bes om at gruppen gir en anbefaling om hva de anser som den beste transport og deponeringsløsningen for CO<sub>2</sub> fra henholdsvis Kårstø og Mongstad hvor det taes hensyn til kostnader, reservoarmessige forhold og teknologisk risiko. Anbefalingen skal ved valg av lokalisering og kapasitet i tillegg forsøke å ta hensyn til behov for deponering av CO<sub>2</sub> fra andre utslippskilder, som f. eks fremtidige GKV. Løsningene som studeres skal være fleksible med hensyn til mulig fremtidig anvendelse av CO<sub>2</sub> til EOR. Foruten de rent teknisk-økonomiske faktorer skal gruppen også gi OED råd vedrørende andre faktorer som i vesentlig grad kan påvirke tidsplanen for gjennomføringen og oppstart av deponeringsløsningen”.

Prosjektet ble organisert med følgende mål og leveranser:

- Del 1 - 01/06/07: Rapport til OED med beslutningsgrunnlag for å gå til konseptfasen. Rapporten skal inneholde:
  - Teknisk økonomisk redegjørelse for alle vurderte scenarier. Kostnadsnivå skal være innenfor +/- 40 % nøyaktighet (DG2 i Gassco sin terminologi)
  - Anbefaling til OED på transport og deponeringsløsninger for videre vurdering i prosjektets neste fase
  - Overordnet prosjektgjennomføringsplan frem til oppstart
  - Budsjett for prosjektets neste fase
- Del 2 - 01/03/08: Rapport til OED med beslutningsgrunnlag for igangsetting av forprosjektering. Rapporten skal innholde:
  - Plan for preinvestering og forpliktelser frem mot investeringsbeslutning
  - Anbefaling til OED vedrørende valg av konsept for transport og deponeringsløsninger
  - I størst mulig grad skal den tekniske vurderingen av deponeringsløsningen være på et nivå som forventes av krav stilt i internasjonale konvensjoner som regulerer lagring av klimagasser i geologiske formasjoner (OSPAR, LC og IPCC)

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

### 2.3 Prosjektorganisering og arbeidsprosess

Arbeidet har vært gjennomført som et samarbeid mellom Gassnova, Oljedirektoratet (OD), Gassco og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) med følgende ansvarsfordeling:

Gassnova: Ansvarlig for ledelse og gjennomføring av prosjektet, samt leveranser til OED. Ansvarlig for å koordinere arbeid rettet mot å identifisere og utrede tilgrensede problemstillinger som kan være kritisk for den totale prosjektgjennomføringen.

OD: Ansvarlig for geo-/petroleumsfaglige kartlegginger og teknisk økonomisk utredning av mulige deponiløsninger.

Gassco: Ansvarlig for tekniske og økonomiske vurderingen knyttet til kobling mot landanlegg, landfall og transport løsninger. Ansvarlig for definering av grensesnitt mot fangstanlegg.

NVE: Ansvarlig for erfaringsoverføring fra utredning knyttet til fangst og deponering for gasskraftverket (GKV) på Kårstø.

Foruten bruk av interne ressurser har de enkelte etatene leid inn hjelp og satt ut studier for å få frem underlag for konklusjonene i studiet.

Prosjektet har vært gjennomført med følgende arbeidsprosess og tidsplan:

#### Desember-januar

- Utarbeidelse av prosjektplan og budsjett
- Gassco: Forhandlinger med eksterne underleverandører vedr. gjennomføring av utredninger av transportløsninger
- OD: Gjennomført screening og vurdering av mulige lagringssteder


#### Februar-april

- OD: Gjennomført intern kartlegging og vurdering av valgte lagringssteder
- Gassco: Plassering og oppfølging eksterne studier på skip og rørtransport
- Gassnova: Kontakt og møter med relevante myndighetsaktører og kommersielle aktører

#### April-mai

- Modell for sammenstilling av kostnadsdata (Xrgia)
- Gassco: Sammenstilling og kvalitetskontroll
- OD: Sammenstilling og evaluering, gjennomført "Risk assessment workshop" på evaluerte lagre (fasilitert av Det norske veritas (DNV))
- Sammenstilling og rapportering

Ved oppstart av prosjektet ble det understreket at fremdriftsplan og behov for beslutninger kan være ulikt innen utvikling av deler av transport- og deponeringsløsningen. Dette har blitt aktualisert i løpet av våren ved at prosjektet knyttet til etablering av testsenter for fangstteknologi på Mongstad ble operativt fra 1. april 2007. Dette prosjektet har fastslått behov for avklaringer vedrørende landanlegg for CO<sub>2</sub>-håndtering på Mongstad før 1. juli 2007 for å komme i rute med

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

neste revisjonstopp på Mongstad raffineriet i 2008. Det ble i samråd med OED besluttet at deponeringsløsning for TCM skulle bli skilt ut som et eget prosjekt. Dette prosjektet vil bli bemannet og følge en tidsplan som er rasjonell i forhold til fangstsenteret.

### 3 Forutsetninger og grensesnitt

#### 3.1 CO<sub>2</sub>-kilder


Arbeidet er basert på følgende forutsetninger

- Oppstart TCM 10/2010 - kapasitet for utskilling av 100 000 tonn CO<sub>2</sub>/år
- Oppstart av renseanlegg på Kårstø med behov for transportkapasitet lik full kapasitet på 1,1 Mtonn/år fom årsskiftet 2011/12 (i tråd med NVE anbefaling)
- Oppstart av Mongstad *Fullskalaanlegg* - 2014 med inntil 2,2 Mtonn/år (sum av kraft varmeverk, cracker og reformer). Til dette er det å bemerke at Statoil i løpet av 2008 skal utarbeide en masterplan for CO<sub>2</sub>-håndtering på Mongstad raffineriet. Det vil således ikke være klart før etter dette arbeidet er fremlagt og behandlet hvor stor CO<sub>2</sub> mengden fra Mongstad i realiteten vil bli. Prosjektet legger til grunn at staten har ansvar for CO<sub>2</sub> volumer fra kraftvarmeverket. Ansvar for håndtering av CO<sub>2</sub> volumer fra andre kilder på Mongstad er ikke avklart
- For å anskueliggjøre innfasing av eventuelle andre punktkilder ved henholdsvis Kårstø og Mongstad er det regnet på to tilleggs scenarier: +50 og +200 % av utslipp fra kraftverket for Kårstø og +50 og +100 % for utslipp fra kraft-varmeverket på Mongstad

Det foreligger pr mai 2007 mer eller mindre konkrete planer for en rekke gasskraftverk i Sør-Norge.

Tabell 1. Planlagte gasskraftverk i Norge.

Sted	Effekt-Mw	Kt CO <sub>2</sub>	Oppstart	Konsesjonsøknad/utslippstill	Kommentarer
Skogn	420mw		ikke avklart	2003 (uten fangst)	
Grenland	2x500	2400	2011-12	Søknad sendt	
Slagenstangen	2x500	2400	2011-14	Forhåndsmeldt	
Mongstad/BKK	Ukjent	Ukjent	2014	Forhåndsmeldt	
Elnesvågen IK Møre	450	1000	2010	Søknad sendt	Uten fangst
Kårstø	420	1050	2011/12		
Halten/Tjeldbergodden	860		2011/12	Ja /ikke utslipps tillatelse	Til egen verdikjede
Lista /Agder energi-Elkem	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ikke sendt	
Risavika	4-500	Ukjent	Ukjent	Forhåndsmelding utarbeidet	
Gismarvika/Haugaland kraft	400	Ukjent	Ukjent	Forhåndsmelding sendes jan. 07	Kull
Husnes/Søral-Eramet-Tinfos	400		2011/12	Ikke sendt	Kull
Kollsnes	ca 350	Ukjent	Ukjent	2000	

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

Det er for omfattende og spekulativt å vurdere innfasing av alle disse spesifikt. Prosjektet har derfor begrenset omfanget av denne øvelsen til å representere fremtidige CO<sub>2</sub>-kilder ved å skissere skalerte løsninger på transportvolum fra Kårstø og Mongstad. Dermed også implisitt en antagelse om at fremtidige gasskraftverk vil ligge geografisk i tilknytning til disse anleggene eller blir knyttet til dem enten via rør eller ved skipstransport. Det er videre lagt til grunn tekniske grensesnitt mot fangstanlegg og deponi.

## 4 Transport og lagring

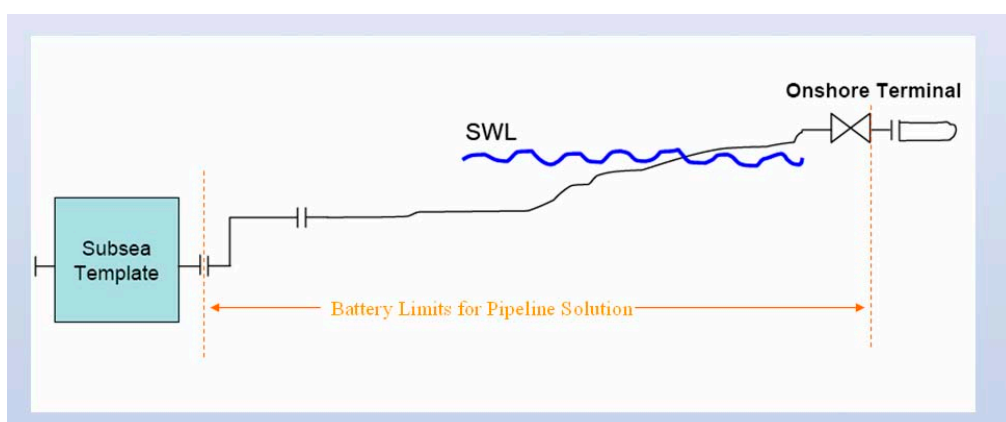
### 4.1 Tekniske løsninger for transport og deponering

Kort oppsummert har studiet omfattet en vurdering av

- Transport av CO<sub>2</sub> i rør, med skip eller med en kombinasjon av disse
- Rør transport er studert fra fangstanlegg til bunnramme over deponibrønn
- Skipstransport er studert i nedkjølt flytende fase enten fra ett fangstanlegg til en hub for der videre å gå med rør til et deponi eller til en lossebøye tilkoblet en bunnramme på et deponi

Av disse løsningene er rørtransport og skipstransport av CO<sub>2</sub> velkjent teknologi om enn ikke i denne skala. Offshore lossing og injeksjon av CO<sub>2</sub> i en brønn er ikke tidligere utprøvd. Transportløsninger har blitt studert for fullskala fangstanlegg (kraftverkene på Kårstø og Mongstad), samt for TCM. En løsning for sistnevnte vil basere seg en liten skipstransportløsning, da det forventes at det vil være svært krevende å få på plass en rørtransport løsning til et deponi innen den aktuelle tidsramme dersom man skal følge forventet beslutnings- og modningsprosess av et slikt prosjekt. For fullskala er ulike tekniske løsninger utredet for å kunne sammenligne disse mhp gjennomførbarhet i tid og på kostnad.

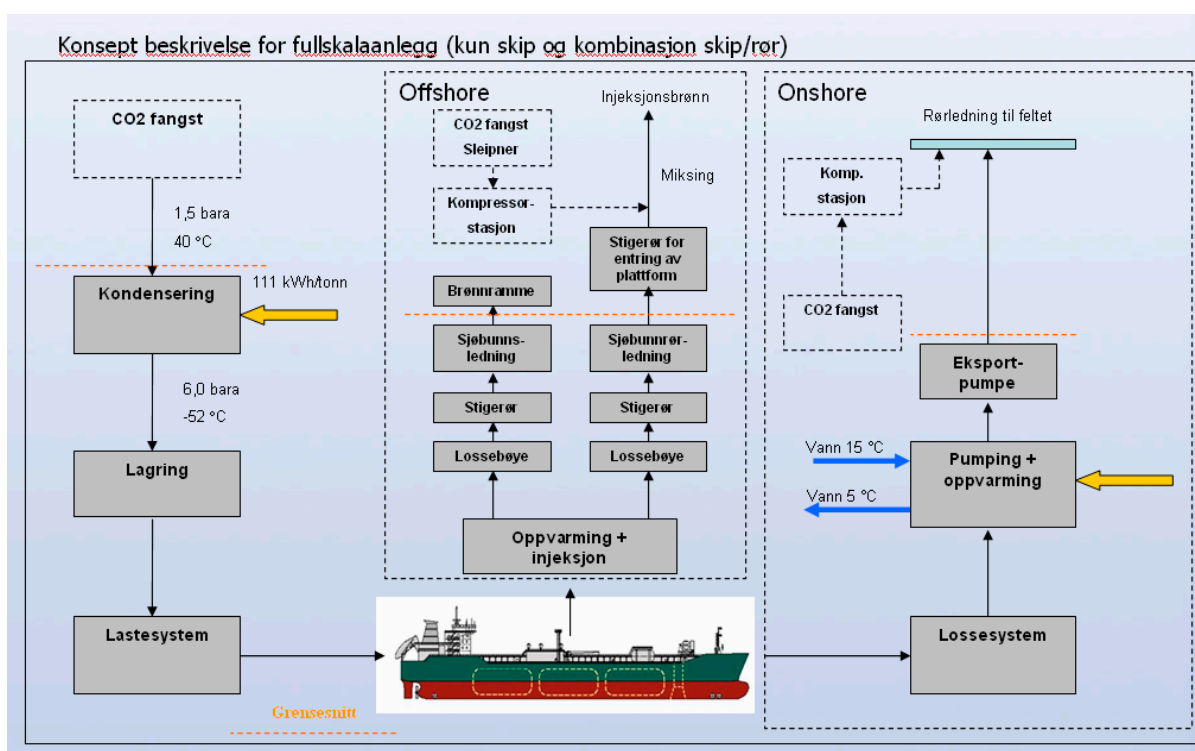
Figur 1 viser en prinsippskisse for et rørtransport system med angitt grenseflate mot fangstanlegg og deponi. Rør dimensjon tilpasses transportbehov og transportlengde (dvs trykkfall). Rør dimensjon vil variere mellom 8-16'' avhengig av transportbehov og lengde.



Figur 1. Prinsippskisse rørledning med grensesnitt.

Figur 2 viser ulike komponenter for fullskala skipstransport og for kombinert skipstransport og rørsystem for transport av CO<sub>2</sub>.

- Ved fangstanlegget må man ha et system for flytendegjøring, mellomlagring, lastesystem og kai fasiliteter
- Skip vil ved fullskala transport typisk ha kapasiteter på 10-30 000 m<sup>3</sup> og være spesialbygget for formålet. Ved småskala transport (som for TCM) vil man kunne bygge om mindre skip (ca 2500-3500 m<sup>3</sup>)
- Skip kan gå til et landanlegg med lossesystem og oppvarming av CO<sub>2</sub> før pumpe til eksport rør
- Alternativt til en offshore lokalitet der CO<sub>2</sub> må varmes opp før injeksjon i brønn via en lossebøye, stigerør og sjøbunnsledning til en subsea installasjon




Figur 2. Prinsippisk fullskala skipstransport.

## 4.2 Geologisk lagring

Valg av deponi har vært betinget ut fra:

- Tilgjengelige lagringsvolum og forsegling
- Nærhet til fangstanlegg for å minimere transport kostnader
- Nærhet til oljefelt som kan tenkes å nyttiggjøre seg CO<sub>2</sub> til EOR formål
- Områder der det er tilstrekkelig datadekning (seismikk og brønner) til å kunne gjennomføre en forsvarlig reservoarkartlegging og vurdering

Sistnevnte kriterium legger klare begrensninger på hvilke områder man kan vurdere for CO<sub>2</sub>-deponering. I realiteten er man begrenset til de områder der det har vært aktiv oljeleting. Stordbassenget og området sør for dette (fig. 3) har kort avstand til de planlagte fangstanlegg,

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

men det seismiske datagrunnlaget er imidlertid for dårlig til å vurdere potensialet på et risiko nivå som er sammenlignbart med de områder som inngår i dette studiet.

Med disse føringer har man i dette arbeidet er det blitt utredet lagring i to store akviferer i midtre og nordlige Nordsjø (fig. 3)

- Utsira fm (utbredelse definert ved blå linje)
- Johansen fm (innenfor grønn linje)

Utsira fm er velkjent fra CO<sub>2</sub> injeksjon på Sleipner. Denne formasjonen har en kjent utbredelse mot nord og tynner ut mot øst som vist på kartet. Utsira fm er tidligere også blitt vurdert i NVE utredning. For å vurdere mulige lagringssteder i tilknytning til Utsira fm lenger nord enn Sleipner området har det blitt gjennomført en regional kartlegging av Utsira fm.

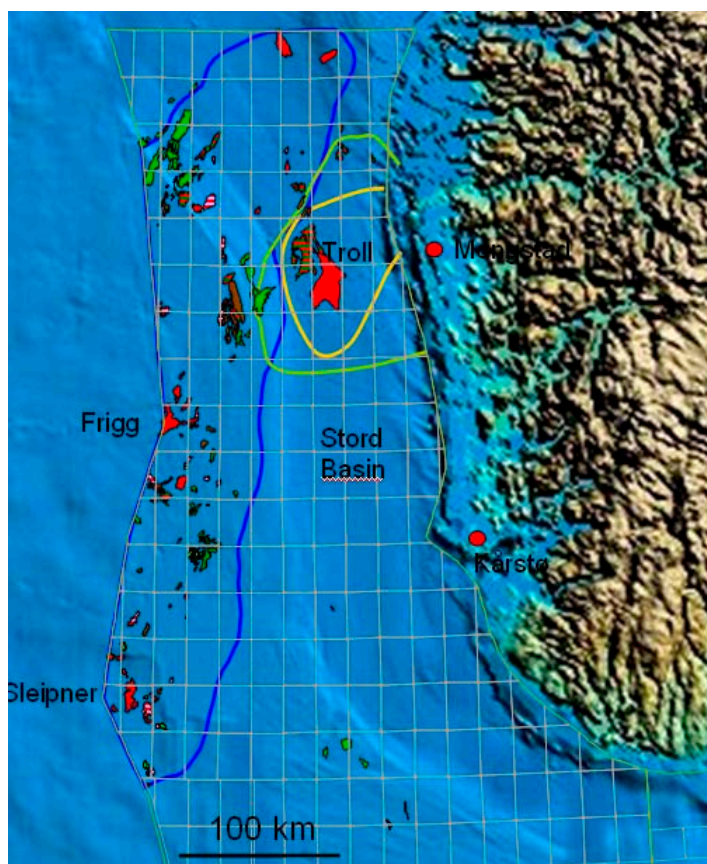
Johansen fm er en sandstein av jurassisk alder. Den strekker seg ut fra Sognefjorden og ligger under og rundt Trollfeltet. Den er atskilt fra de hydrokarbonførende sonene i Trollfeltet med en ca 500 m tykk sekvens med skifer og sandlag.

Kartleggingen av Utsira fm har avdekket at:

- Toppen på Utsira fm stiger mot vest slik at injisert CO<sub>2</sub> i hovedsak vil bevege seg vestover og tilslutt ende på engelsk side av sektorgrensen
- Store deler av topp Utsira ligger over et dyp hvor CO<sub>2</sub> vil være i gassfase. Det er imidlertid flere dypere sandhorisonter under Utsira fm der dette ikke vil være et problem. Hvorvidt disse er innbyrdes forseglede er ikke avklart i denne undersøkelsen. For å avklare dette kreves mer detaljert kartlegging
- Den del av Utsira fm som ligger innen for området med CO<sub>2</sub>-væskefase ligger nær det område der sanden tynner ut mot øst. I dette området er reservoaregenskapene usikre
- Utsira fm rundt Sleipner området vurderes som reservoar og forseglingsmessig sikkert. Nordover fra Sleipner A vil det være et stort område der man kan lagre betydelige mengder CO<sub>2</sub> uten risiko for at man når gassfase betingelser

Prosjektet har med basis i dette valgt å ikke anbefale de nordlige lokalitetene til Utsira (område 2 og 3 i fig. 4) for videre kvalifisering. Videre arbeid med utredning rundt CO<sub>2</sub> lagring i Utsira fm bør finne sted i Sleipner området.

Johansen fm er utviklet som et inntil 80 m tykt sandlag som dekker et stort område fra kysten og ut rundt Troll (fig. 3). Sandsteinen har gode reservoaregenskaper i brønner der den er penetrert. Det har blitt foretatt en grundig kartlegging av toppen til formasjonen i området. Denne kartleggingen har også dannet input til en simulering av CO<sub>2</sub> migrasjon vekk fra et antatt injeksjonspunkt sør for Troll. Kartlegging og simulering viser at det er minimal sjanse for at CO<sub>2</sub> vil kunne nå reservoaret i Trollfeltet. Simuleringen viser videre at området kan lagre store mengder CO<sub>2</sub> og at det vil være svært liten risiko for lekkasje til overflaten. Lokaliteten er av spesiell interesse i en mulig fremtidig kjede, der CO<sub>2</sub> benyttes til EOR på oljefeltene i nordlige del av Nordsjøen.



Figur 3. Oversiktskart med inntegnet utbredelse av studerte saltvanns akviferer.

#### Utbyggingsløsninger

- Injeksjon via Sleipner A  
Denne løsningen baserer seg på at det er ledig kapasitet i eksisterende brønn på Sleipner A for injeksjon i Utsira fm.
- Nytt deponi  
Et nytt deponi (i Utsira eller Johansen fm) vil basere seg på rørtilkobling via en bunnramme. Det planlegges to brønner for å sikre tilgjengelighet dersom utstyret i en brønn svikter. Simuleringer tilsier at det kan injiseres ca 3,5 Mt CO<sub>2</sub>/år gjennom en brønn i Johansen fm. Tidligere studier av Utsira viser at brønner her vil kunne klare tilsvarende

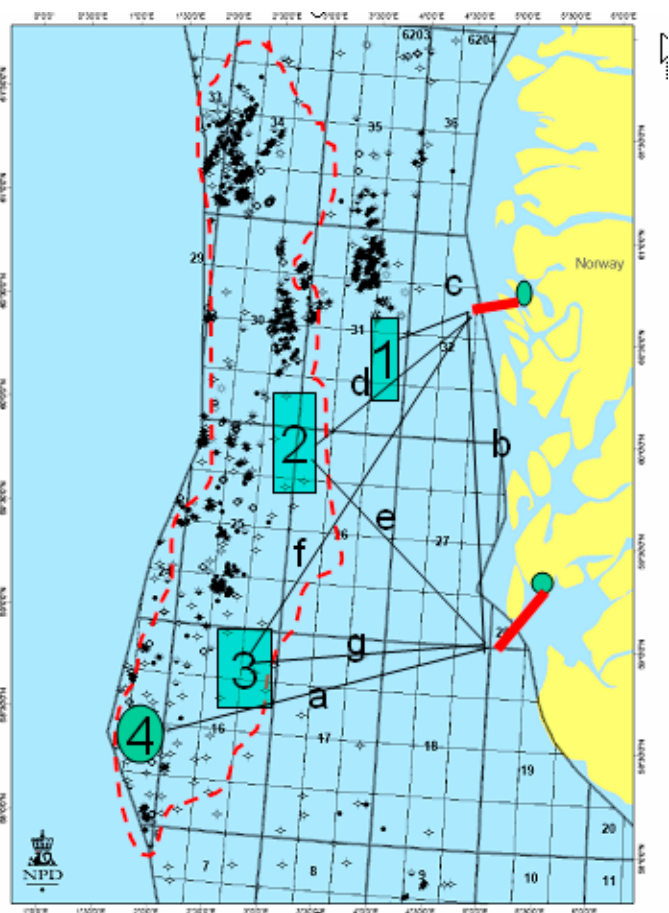
#### **4.3 Beskrivelse av transport og deponerings scenarier**

De scenarier som blir presentert som underlag for anbefalingen tar utgangspunkt i følgende faktorer:


- Tidspunkter for innfasing av fangstanlegg:
  - o TCM 2010
  - o Kårstø 2011/2012
  - o Mongstad fullskala 2014
- Mengder CO<sub>2</sub> som planlegges transportert med sensitiviteten (ref. 3.1)
  - o Fullskala og testproduksjon

- 4 mulige lagringssteder som i lys av resultater fra kartleggingen er redusert til 2 (lokalitet 1- Johansen og 3-4 Sleipner området til Utsira sør, figur 4)
- Ulike transportmetoder
  - o Transport med skip fra kilde til deponi
  - o Transport med skip fra kilde til "hub" med videre transport med rør til deponi
  - o Transport med rør direkte til deponi

En tilleggsmulighet som eksisterer, men som ikke er vurdert i dette prosjektet, er å utnytte kondensatrøret som går fra Kårstø til Sleipner. Ved fremtidig redusert kondensat produksjon representerer dette røret en mulighet for transport av store mengder CO<sub>2</sub> til Sleipner området. Det vil imidlertid være usikkerhet knyttet til denne løsningen, da eventuell ytterligere forretningsutvikling i Sleipner-området vil kunne ha potensial for å medføre økt aktivitet og dermed økt behov for bruk av denne rørledningen.



Figur 4. Vurderte alternative lagringssteder og transport ruter.  
Rød stiplet linje er ca utbredelse til Utsira fm. Lokalitet 4=Sleipner

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

## 2010 TCM

For avhending av produserte CO<sub>2</sub> mengder fra testanlegget er det skipstransport som er realistisk å videreutvikle for å møte testanleggets oppstartdato dersom man legger til grunn en forventet beslutnings- og modningsprosess av et slikt prosjekt. Hovedbegrunnelse for å ekskludere rørtransport er at planlegging og legging vil være svært krevende å få til tidsmessig, og vil kreve tidlige forpliktelser mht bestilling av rør og leggefartøy.

Som deponi for CO<sub>2</sub> mengden fra testanlegget (ca 100 000 T/år) fremstår to alternativer som er tidsmessig gjennomførbare:

- Skipstransport til Statoil sitt nye anlegg på Melkøya med injeksjon via rørledning i Tubåen fm under Snøhvit
- Skipstransport til Sleipner A med bøyeløsning og injeksjon via eksisterende brønn

### Melkøya

- Foreløpige sonderinger bekrefter at dette konseptet er teknisk mulig
- Formelle avtaler med rettighetshavere må etableres før videre studier og verifikasjoner kan utføres for å dokumentere en sikker integrering i prosessanlegget på Melkøya og mot det allerede tilrettelagte deponi
  - o Foreslått løsning beskriver innkjøp og konvertering av brukt tonnasje i størrelsesorden (2500-3500 m<sup>3</sup>). På Melkøya vil eksisterende anleggskai kunne tilpasses nødvendig utstyr for lossing av CO<sub>2</sub>. Skipstransport forutsetter flytendegjøring ved nedkjøling og opptrykking. To tekniske løsninger foreligger:
    - 6 bar/-53 °C: Dette er den løsningen som ligger til grunn for denne rapporten
    - 16-20 bar/-25 °C: Denne løsningen har blitt benyttet av Yara i en årrekke. Yara benytter mindre skip (ca 1000t) enn det vår løsning forutsetter. Prosjektet anbefaler at man vurderer begge løsninger frem til konseptvalg

### Sleipner A


- Dette konseptet ansees også teknisk gjennomførbart, men for å opprettholde jevn transportregularitet på årsbasis, samt teknisk montering av utstyr for bøyeløsning må skipsstørrelsen være betydelig større (10 000-15 000 m<sup>3</sup>) enn for transport til Melkøya. Bøyeløsning av CO<sub>2</sub> offshore er tidligere ikke gjennomført og noen teknologielementer som må benyttes må gjennom en kvalifisering
- Formelle avtaler med rettighetshavere i Sleipner lisensen må etableres før videre studier og verifikasjoner kan utføres for å dokumentere en sikker integrering i den etablerte deponiløsning på plattformen
- Foreslått løsning er å anskaffe ny eller alternativt konvertering av brukt tonnasje som er tilpasset bøyeløsning til havs
- På feltet må det installeres en lossebøye med rørforbindelse til plattformen

### Fullskala fra Mongstad/Kårstø

Transportløsningen kan deles i 3 grupper og vil i prinsippet være identisk for begge steder.

#### 1. Rørledning

Rørledningstransport direkte til valgt lokalitet på kontinentalsokkelen vil teknisk sett være den enkleste løsning med få grensesnitt til fangstanlegget. Det er da en forutsetning at fangstanlegget også omfatter tørking og kompresjon direkte til rørledningen.

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

## 2. Kombinasjon rørledning og skip

Ved denne transportløsning er forutsetningen at enten Mongstad eller Kårstø er valgt som ilandføringssted for felles rørledning, "Main Hub" og at skipstransport er valgt som tilbringer fra det aktuelle fangstanlegg. Aktuelle transportvolum vil være bestemmende for om man må velge ett eller flere skip på mellom (10 000-20 000 m<sup>3</sup>). En slik transportløsning vil kreve ny kai med laste/losse fasiliteter, samt mellomlager på både Mongstad og Kårstø.

I tillegg vil det være behov for et kondenseringsanlegg på utskipningsstedet for å tilpasse de produserte CO<sub>2</sub> mengder til mellomlagring og skipstransport. Denne prosessen erstatter fangstanleggets anlegg for tørking og kompresjon. På mottakssted vil det i tillegg være behov for et forvarmingsanlegg etter mellomlagring, samt kompresjon av CO<sub>2</sub> mengdene inn i rørledningssystemet.

## 3. Skip

Ved denne løsning fraktes produserte CO<sub>2</sub> mengder direkte fra Mongstad og Kårstø til bestemt deponi på kontinentalsokkelen. Aktuelle transportbehov vil være bestemmende for valg av ett eller flere skip (10 000-20 000 m<sup>3</sup>). Det vil på både Mongstad og Kårstø være behov for ny kai med lastefasiliteter, mellomlager, samt kondenseringsanlegg mellom fangstanlegg og mellomlagring.

### Relasjon til mulige EOR prosjekter

På kort sikt vil feltene i Statfjord området være potensielle kandidater for å ta i bruk CO<sub>2</sub> til EOR formål. På lengre sikt vil feltene i Ekofisk området også være aktuelle. CO<sub>2</sub> volumene fra Kårstø og Mongstad er av en størrelse som favoriserer feltene i Tampen området. Område 1 (Johansen formasjonen) i denne rapporten synes å gi størst fleksibilitet med hensyn på oppkopling til aktuelle oljefelt. Store felt som blant annet Gullfaks vil imidlertid ha behov for volumer større enn 5 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år.

Injeksjonstrykket til deponiene er lavere enn tilsvarende trykk som er nødvendig for injeksjon i oljereservoarer for EOR. Nødvendig trykkøkning må gjøres enten fra land eller på plattformene til havs med de begrensninger som ligger i valgt rørdesign.

## 5 Kostnadsestimater

### 5.1 Innledning

I arbeidet med å vurdere ulike løsninger for CO<sub>2</sub>-transport har det blitt gjort økonomiske beregninger for i alt ca 60 ulike case – på tvers av kilder, transportløsninger, deponier og volumer. Formålet med beregningene er å gi et økonomisk beslutningsunderlag for hvilke valg av transportløsninger og deponier som er mest kostnadseffektive. Videre om det er risikofaktorer som kan påvirke hvilke løsninger som samlet sett vil vurderes som best.

Datagrunnlaget for beregningene er basert på underlag levert av Gassco (for rør- og skipsløsninger) og av OD (for lagringsløsninger). I tillegg er det benyttet tall for lagring på

Sleipner fra NVEs utredning i 2006. Tallgrunnlaget og kostnadsestimatene er gitt med et usikkerhetsnivå på +/- 40 %. Forutsetninger for volumenslagene er gitt i kap. 3.1.

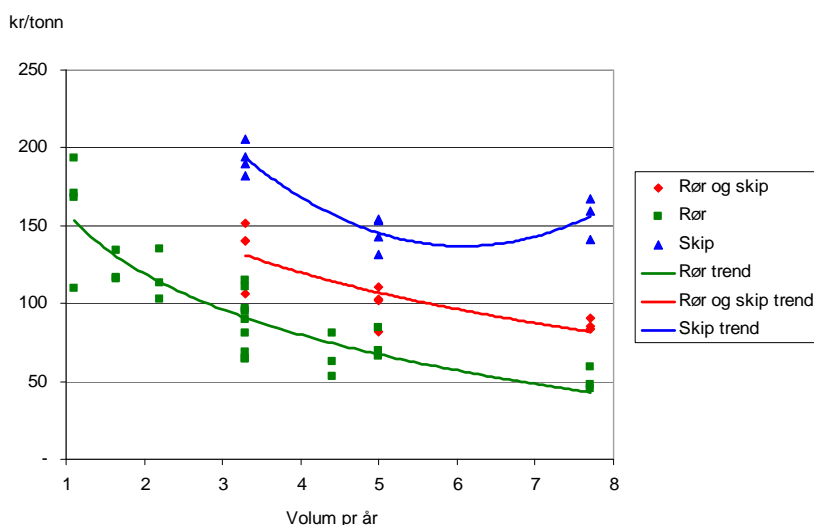
Selve beregningsmodellen er utviklet for formålet, og beregner både total kostnader og kostnader pr tonn for hvert ledd i transportkjeden. Modellen beregner også utfallsrom for hvert case basert på et sett med sensitivitetsberegninger - herunder stålpriser, rigg- og leggefartøyrater, kostnadsoverskridelser, volumsvikt og forsinkelser. Analysehorisonten er 40 år, og det er benyttet en diskonteringsrente på 5 % reelt.

Blant de deponiene som er vurdert, ble det tidlig klart at deponiet i Utsira nord av ikke-økonomiske grunner ble ansett som uaktuelt. Det er derfor gjort beregninger for mulige deponier i Johansen fm like ved Troll og Utsira sør like ved Sleipner. I tillegg er det vurdert deponering i den eksisterende brønnen på Sleipner for CO<sub>2</sub> fra Kårstø.


## 5.2 Kostnader for CO<sub>2</sub>-transport

I kostnadsberegningene er det gjort analyser med sikte på å avdekke skalaegenskaper ved ulike løsninger, om det er systematisk forskjell på kostnadsnivået for henholdsvis rør- og skipsløsninger, og tilsvarende om det er deponier som fremstår som mer kostnadseffektive enn andre. Generelt sett har skipstransport en fordel relativt til rørtransport ved lave volumer, lange transportavstander, korte økonomiske levetider og behov for fleksibilitet med hensyn til leveringssted. Disse fordelene vurderes ikke som viktige med hensyn til fullskala transport og lagring fra kraftverkene på Kårstø og Mongstad

For skipsløsninger er det vurdert både rene skipsbaserte kjeder med offshore lossing, og kombinerte rør/skipskjeder med onshore lossing ved en "hub" og videre transport i rør til deponiet. Analysen viser at rene skipsløsninger er dyrere enn rørløsningene. For kombinerte løsninger er bildet noe mer nyansert, som vist i figur 5. Figur 5 viser kostnaden pr tonn for hver kjede langs y-aksen, og samlet årlig volum langs x-aksen. Hver case er vist som et punkt, og trenden for hver hovedtype transportløsning som linjer.



Figur 5. Kostnadsnivå og skalaegenskaper for ulike transportløsninger (kr/tonn).

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

Både rene rørløsninger og kombinerte rør og skipsløsninger viser klare skalafordeler med økende volum. Rene skipsløsninger viser derimot ikke åpenbare skalafordeler, samtidig som kostnadsnivået ligger markert høyere enn for andre transportløsninger. En viktig årsak til at skipskjeder har dårlige skalaegenskaper (og dermed begrenset fleksibilitet til å håndtere nye volumer fra andre kilder) er at både lastekapasiteten på skipet og lossekapasiteten på bøyen er gitt. Økte volumer krever dermed nye investeringer. Rørløsninger har derimot betydelig fleksibilitet til å ta større volumer ved å øke trykket CO<sub>2</sub> transporteres under uten vesentlige tilleggsinvesteringer. Det må imidlertid nevnes at en forutsetning for fullt ut å utnytte skalafordelene for rørløsninger er at økte CO<sub>2</sub>-mengder gjøres tilgjengelige for transport. En eventuell preinvestering i økt/fleksibel rørledningskapasitet uten at tilleggs volum kommer på et senere tidspunkt vil innebære redusert kostnadseffektivitet også for rørløsninger (rørløsning med stor kapasitet med lav utnyttelsesgrad).

Kombinerte skips- og rørløsninger er ikke kostnadmessig konkurransedyktige sammenlignet med rene rørløsninger. Skip med onshore lossing gir imidlertid en annen type fleksibilitet i kjeden, ved at CO<sub>2</sub> kan hentes fra andre (og mer fjerntliggende) kilder enn Kårstø og Mongstad. Ved etablering av en kjede med volumer fra bare Kårstø og Mongstad er kombinerte skips- og rørløsninger ikke kostnadseffektive løsninger. Tilførsel av mer CO<sub>2</sub> kan imidlertid øke kapasitetsutnyttelsen i både rør og deponi, og kan gi lave marginal kostnader ved utvidelser.


På bakgrunn av dette vil vi i den videre drøftingen kun se på rørløsninger. I tillegg til de økonomiske begrunnelsene for å forkaste skipsløsninger, er det også andre argumenter av teknisk og risikomessig art som taler for en slik konklusjon, se omtale i kap. 4 og 7.

Vi har også vurdert om det er deponier som skiller seg gunstig ut fra et kostnadmessig synspunkt, og hva som er kostnadmessig gunstig deponistruktur. Kostnadene ved å etablere nye deponier er forholdsvis like uavhengig av lokalisering, men dybden på brønnen vil medføre kostnadsforskjeller. Av de aktuelle lokaliseringene er dybden mindre på en Utsira lokalitet i Sleipnerområdet enn på Johansen-formasjonen. Dette gir noe lavere kostnader pr brønn for førstnevnte alternativ. På Sleipner er den foreløpige vurderingen at all CO<sub>2</sub> fra gasskraftverket på Kårstø kan håndteres i det eksisterende deponiet, men det er neppe kapasitet til volumer utover dette (ref. NVEs rapport). Kostnaden for et volum opp til 1,1 millioner tonn er dermed lave, mens volumer utover dette krever etablering av et nytt deponi eller boring av flere brønner fra Sleipner A og ombygginger på plattformen. For case med høyere volumer er derfor ikke Sleipner utredet her.

For et gitt volum, innebærer optimalisering av transport- og lagringskostnaden med rørløsninger en avveining mellom antall deponier som etableres (kapasitetsutnyttelse) og avstanden mellom kilde og deponi (rørstrekning). Det er entydig en fordel å legge kortest mulig rør. Imidlertid er kostnadene ved å etablere to uavhengige deponier så høy at det kan være samlet sett kan bli billigere å legge lengre rør til ett felles deponi.

Det er gjort økonomiske beregninger for mange ulike kombinasjoner av kjeder, både med to uavhengige deponier og ett felles deponi. Med ett unntak er det ingen kjeder med to uavhengige deponier som er kostnadseffektive. Unntaket er separate rør til henholdsvis Sleipner for Kårstø og Johansen-lageret for Mongstad.

Økonomiske resultater for de tre kjedene som har de laveste kostnadene pr tonn CO<sub>2</sub> er vist i tabell 2.

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

Tabell 2. *Kostnad pr tonn og nåverdi av total kostnad for de tre mest kostnadseffektive kjedene (kompresjon ikke inkludert).*

	Basiscase		Kostnad pr tonn / nåverdi			
	kr/t	MNOK	Volum +50%		Volum +100%/200%	
			kr/t	MNOK	kr/t	MNOK
1 Kårstø og Mongstad til Johansen	95	3850	65	4100	45	4350
2 Kårstø til Sleipner	110	1650				
Mongstad til Johansen	100	2600	70	2600	55	2750
Sum/veiet snitt	105	4300				
3 Kårstø og Mongstad til Utsira S	115	4650	85	5200	60	5700

Beregningene viser at en kjede med felles deponi på Johansen-formasjonen vil være den mest kostnadseffektive. Med basisvolumet på 3,3 millioner tonn er kostnaden pr tonn beregnet til 95 kroner, synkende til 45 kroner dersom samlet volum øker til 7,7 millioner tonn. Årsaken til at denne løsningen peker seg ut, er delvis at transportavstanden er kort fra Mongstad (ca 100 km) og omtrent like lang fra Kårstø som et rør til Utsira sør (ca 235 km), og at deponiet (brønn og rør) er noe billigere å etablere enn på Utsira sør.

En reduksjon i CO<sub>2</sub> volum fra Mongstad til 1,1 Mt (kun kraftvarmeverket) vil redusere investeringskostnadene med fra ca 50-200 mill kr for henholdsvis rør til Johansen og Utsira sør. Tiltakskostnaden vil bli vesentlig høyere pga høy investering og lite volum.

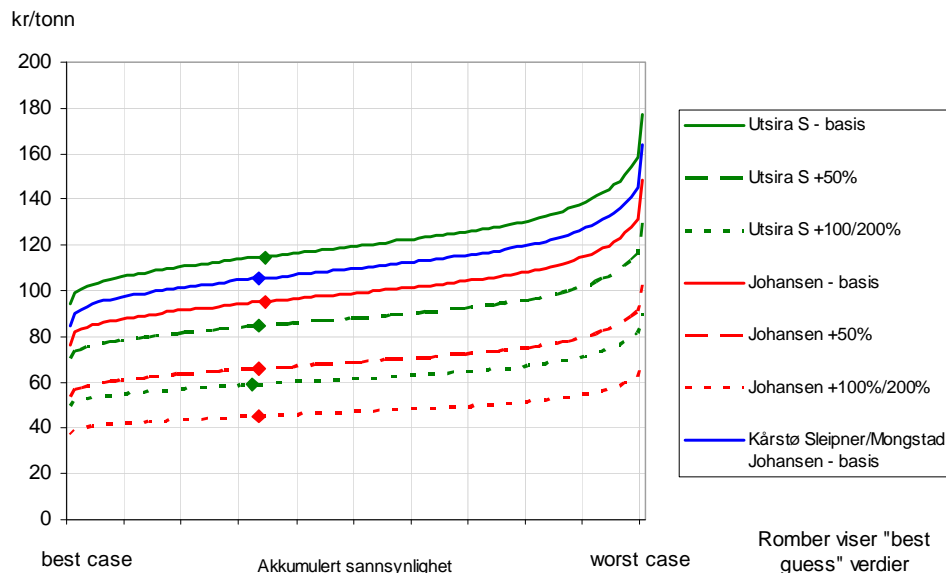
Den nest billigste løsningen er å utnytte det eksisterende deponiet på Sleipner, og etablere et nytt deponi på Johansen-formasjonen for CO<sub>2</sub> fra Mongstad. Ulempen ved denne løsningen er at det er forventet at den ikke vil kunne håndtere større volumer fra Kårstø enn 1,1 millioner tonn uten tilleggsinvesteringer og at nye investeringer vil bli nødvendige fordi Sleipner A sannsynligvis fjernes før kraftverket avslutter produksjonen.

Den tredje billigste løsningen er å etablere ett felles deponi for begge kildene i Utsira fm i Sleipner området. Totalkostnaden for samme volumer er imidlertid ca 800-1400 millioner kroner høyere enn å etablere ett felles deponi på Johansen fm. Det bør også her understrekes at den lokalitet som ligger til grunn for denne beregningen ligger 50 km nordvest for Sleipner. OD's anbefaling er å plassere dette alternativet nærmere og sør for Sleipner noe som vil gi litt høyere rørkostnader.

I tillegg til å beregne antatte kostnader, er det gjort sensitivitets- og risikoberegninger for kjedene. Beregningene er basert på anslag på usikkerhet i sentrale variabler; dvs stålpris, rigg- og leggefartøyrater, volumsvikt, kostnadsoverskridelser og forsinkelser. For prisvariablene er det benyttet historiske data for å anslå volatiliteten. For utfallsrommet for volumsvikt, kostnads-overskridelser og forsinkelser er anslagene for volatilitet basert på erfaringer og kompetanse innen prosjektgruppen. Det er gjort sensitivitetsberegninger både for enkeltvariabler og for samtidige utfall. Hensikten med analysene er både å anslå hvor stor samlet usikkerhet det er i de antatte verdiene, samt å vurdere om forskjeller i risikoprofil kan medføre at rangeringen av hvilke kjeder som er mest kostnadseffektive hensyn tatt til risiko blir endret.

I figur 6 vises samlet utfallsrommet for de samme 3 kjedene som er vist i tabell 2. Kostnaden pr tonn er vist langs y-aksen, og sannsynligheten fra aller beste case (samtlige usikre variabler er

satt til beste utfall samtidig) til aller verste case (samtlige usikre variabler er satt til verste utfall samtidig) er vist langs x-aksen.



kr/tonn	Johansen - basis	Johansen +50%	Johansen +100%/200%	Utsira S - basis	Utsira S +50%	Utsira S +100%/200%	Kårstø Sleipner, Mongstad Johansen - basis
Best guess	95,1	66,1	45,3	114,8	84,6	59,1	105,2
Forventet verdi	99,0	68,8	47,1	119,7	88,2	61,6	109,8
Worst case	148,4	102,9	70,1	177,4	129,8	90,4	163,6
Best case	76,6	53,6	36,9	94,1	70,1	49,3	85,0


Figur 6. Samlet utfallsrom og risikoprofil for de mest kostnadseffektive kjedene.

Som det fremgår av kurvene, er det ikke noe utfall som endrer den kostnadsbetingede rangeringen av kjedene. Utfallsrommet for kostnadsestimatet viser en betydelig spredning, eksempelvis kan endringer i de usikre variablene som er spesifisert i modellen medføre kostnadsøkninger på over 50 %, og kostnadsreduksjon på inntil 20 %. Den skjeve fordelingen kommer av at volumendringer og tidsforsinkelser kun gir negative utfall.

### 5.3 Drøfting av løsninger

Ut fra den økonomiske vurderingen kan vi slå fast at rørledningsløsningene er mest kostnadseffektive. Skipsløsninger med offshore lossing er vesentlig dyrere, mens skipskjeder med onshore lossing ligger mellom disse i kostnad. Skipsløsning med onshore lossing kan gi både økt fleksibilitet mht tilgang til CO<sub>2</sub>, og dempe risikoen for overinvesteringer i rørkapasitet.

Den rimeligste løsningen for Kårstø og Mongstad er etablering av ett felles deponi på Johansen fm. Dette gjelder både for basisvolumene, og dersom volumet øker opp til 7,7 millioner tonn/år. Fordelene ved denne løsningen er at man både får utnyttet fordelene ved ett deponi, og fordelene ved kort avstand til den største punktkilden (Mongstad). Utfordringen ligger i tidsprofilen, som omtalt i plankapittelet, kap. 6.

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

Den nest rimeligste løsningen er en delt løsning hvor CO<sub>2</sub> fra Kårstø transporteres til det eksisterende deponiet på Sleipner, og CO<sub>2</sub> fra Mongstad transporteres til Johansen fm. Fordelene ved denne løsningen er at man utnytter kapasiteten i det eksisterende deponiet, man unngår geologisk usikkerhet i vesentlig grad mht Kårstø, og at tidsplanen for gjennomføring mht Kårstø er raskere. Løsningen innebærer en enklere prosjektgjennomføring og lavere risiko for forsinkelser og kostnadsøkninger på grunn av behov for samordning av delprosjekter i prosjektgjennomføringen. En vesentlig ulempe er at Sleipner ikke vil kunne ta mer enn forventede volumer fra gasskraftverket på Kårstø.

Det har over vært trukket frem at det eksisterende kondensatrøret fra Sleipner til Kårstø vil kunne brukes til CO<sub>2</sub>-transport i fremtiden. Uten å ta stilling til den kommersielle gjennomførbarheten av dette, representerer dette en positiv opsjon.

Skipsløsninger med onshore lossing er dyrere enn tilsvarende rørbaserte løsninger. I forhold til en løsning med lagring i Johansen fm, er det like dyrt pr tonn å håndtere 3,3 millioner tonn i en skip/rør kjede som 7,7 millioner tonn i en ren rørkjede. På det nåværende tidspunkt er det derfor vanskelig å se at skip med onshore lossing er et interessant alternativ. Muligheten for en skipsløsning gir likevel en betydelig risikoavdemping for rørinvesteringene.

Overinvestering i et rør med overkapasitet (enten fra Mongstad eller Kårstø) vil tilrettelegge for fremtidig fleksibilitet. Dersom det ikke er mulig å utnytte kapasiteten med økt fangst på enten Kårstø eller Mongstad, vil skip kunne benyttes til å hente CO<sub>2</sub> fra andre, mer fjerntliggende kilder. Dette vil neppe gi samme kostnadsnivå som en ren, rørbasert løsning med kilder lokalisert ved Kårstø og Mongstad, men kan fjerne mye av den økonomiske nedsiden i forhold til å bygge ut kjeder med langt mindre kapasitet.


## 6 Gjennomføringsplan

### 6.1 Samordnet fullskala transport og lagring av CO<sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad

OD har foreslått to realiserbare konsepter for CO<sub>2</sub>-deponier, nemlig Johansen fm og Utsira (nær Sleipner). I tillegg har NVE identifisert eksisterende løsning på Sleipner A som en mulighet for CO<sub>2</sub> fra Kårstø.

#### *Johansen fm*

Johansen-formasjonen forventes å ha best egenskaper med hensyn til lagringssikkerhet, men vil være det mest krevende alternativet å gjennomføre tidsmessig. Valg av Johansen fm krever lenger modningstid og parallell modning av Utsira, men risikoen for at den skal være uegnet for injeksjon og deponering av CO<sub>2</sub> er vurdert som svært lav. Selv om risikoen er lav, vil det medfører mer tidsbruk før et endelig konseptvalg kan gjøres (se neste side), mer usikkerhet knyttet til beslutninger om konseptvalg og investering og økte kostnader i både planleggingsfasen og gjennomføringsfasen. Denne risiko må imidlertid vurderes opp mot det potensial for bruk av CO<sub>2</sub> til EOR som ligger i å velge et nordlig deponi i nærheten av aktuelle oljefelt.

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

### *Uavhengig deponi i Utsira fm*

Et CO<sub>2</sub>-deponi i Utsira fm nær Sleipner vurderes som den løsningen for samordnet lagring mellom Kårstø og Mongstad som enklest lar seg realisere. Deponeringen vil skje i et område der det allerede pågår deponering av CO<sub>2</sub> i dag, og det vurderes ikke som nødvendig å skyte seismikk og bore en brønn i forkant av en eventuell investeringsbeslutning. Dette er både en fullgod selvstendig deponiløsning og en mulig backup løsning dersom Johansen fm viser seg ikke gjennomførbare (se neste avsnitt).

### *Utsira fm via Sleipner A*

NVEs rapport beskriver Sleipner som et mulig deponeringssted for CO<sub>2</sub> fra Kårstø, ved bruk av eksisterende løsning for deponering av CO<sub>2</sub>. Løsningen på Sleipner forventes imidlertid ikke å ha kapasitet for CO<sub>2</sub> fra både Kårstø og Mongstad, og er således kun et alternativ ved separate løsninger for Kårstø og Mongstad. Ved en samordnet løsning vil en heller velge et deponi som er uavhengig av Sleipner plattformene.

Forutsetningene som brukes som utgangspunkt for diskusjonen er blant annet:


- NVE sin tidsplan for CO<sub>2</sub>-håndtering på Kårstø legges til grunn for Kårstø-anlegget
- Myndighetsbehandling av tiltaket er ikke innarbeidet i planen. En slik plan vil etableres som en del av et konseptstudie i henhold til normal prosjektutvikling
- Planene er laget med utgangspunkt i rørtransport

Prosjektet har ikke modnet konseptene for transport og deponering av CO<sub>2</sub> fra Kårstø til Sleipner A til et mer detaljert nivå eller til en ny prosjektfase i forhold til NVE sin rapport, men fokusert på å vurdere samordningsgevinster med CO<sub>2</sub> fra Mongstad og ved å vurdere reservoargeologisk mer inngående de alternative deponeringssteder som er skissert i NVE's rapport, samt å vurdere nye.

### Planleggingsfasen:

Planen som skisseres i figur 7 er en sammenstilling av plan og tidsbehov for delprosjektene knyttet til transportløsning og deponi. I tillegg er det lagt inn informasjon prosjektet har mottatt knyttet til plan for etablering av fangstanlegg på Kårstø og Mongstad. I studiet knyttet til transport og deponering er det vist at dette prosjektet isolert sett kan være klart for investeringsbeslutning innen utløpet av 2008. Tidsplanen i NVE sin rapport angir et tidsbehov på i underkant av to år fra start av konseptfasen til investeringsbeslutning, og angir mulig investeringsbeslutning til årsskiftet 2008/2009. Planene for fangst og transport/deponi kan imidlertid ikke uten videre betraktes isolert fra hverandre, og i praksis synes et tidspunkt for investeringsbeslutning for samordnet transport og lagring innen utløpet av 2008 usikker, av to grunner:

- Plan for transportløsning fordrer konseptvalg i mars 2008. Det er om lag 8 måneder etter forutsetningen om konseptvalg for fangstanlegget, slik det foreligger i planene gitt i rapporten til NVE. Normalt bør konseptvalg gjøres samtidig for fangst og transport, da avhengigheter (f. eks knyttet til tekniske løsninger i grensesnittet) mellom fangst og transport bør identifiseres og fastsettes samtidig. Det vil være mulig å etablere forutsetninger i dette grensesnittet som gjør at konseptvalg kan tas på ulikt tidspunkt, men en slik løsning innebærer risiko for at de forutsetninger som er satt ved konseptvalg for fangstanlegget etter nærmere teknisk vurdering viser seg å ikke være gyldige og/eller gjennomførbare ved tidspunkt for konseptvalg for slik transportløsning. Dersom konseptvalget for både transport og fangst skal tas samtidig, vil tidligste tidspunkt for

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

- dette være i mars 2008. Et konseptvalg i mars 2008 for fangstanlegget innebærer imidlertid at investeringsbeslutning for fangstanlegget forsinkes med ca 8 måneder
- Dersom NVEs fremdriftsplan for fangstanlegget på Kårstø skal legges til grunn vil det være usikkerhet knyttet til investeringstidspunktet for dette fangstanlegget, da det er usikkerhet knyttet til reell fremdrift i planen for fangstanlegget på Kårstø sett i forhold til det som er lagt til grunn i NVEs rapport.

Gasscos studier viser at forutsetningen for et mulig konseptvalg for transportalternativene i mars 2008 avhenger av at oppstart av konseptfasen finner sted i begynnelsen av juli 2007.

For lagringsdelen av prosjektet vil et valg av Utsira via Sleipner A eller frittstående i nærheten av Sleipner kunne gjøres i tråd med planene skissert av Gassco, og konseptvalg for lagring vil kunne gjøres innen mars 2008. Dersom en ønsker å utvikle alternativene med uavhengig lagring i Johansen-formasjonen blir planleggingsfasen av prosjektet mer krevende. Gitt tidsbehovet for å få skutt seismikk og boret en første brønn for testing, vil et endelig valg av konsept (lagringssted) ikke kunne gjøres før tidligst høsten 2009. Å gjøre investeringsbeslutning for fangst og transport før dette tidspunktet vil være krevende. Det vil innebære at konseptvalg, prosjekterte løsninger og investeringsbeslutning for både fangst, transport og lagring må gjøres robust overfor to forskjellige lagringskonsepter. Eksempelvis må da prosjektering av transportrør og bestilling av rørmaterialer gjøres uten at det er fastlagt hvor CO<sub>2</sub>-rørene skal gå, noe som innebærer risiko for økte kostnader grunnet endringer og kanselleringer. Problemet forenkles noe ved at rørlengdene er omtrent de samme og det tilsier omtrent lik leggetid. Imidlertid må man utrede to traseer og plasseringer av undervannsanlegg.

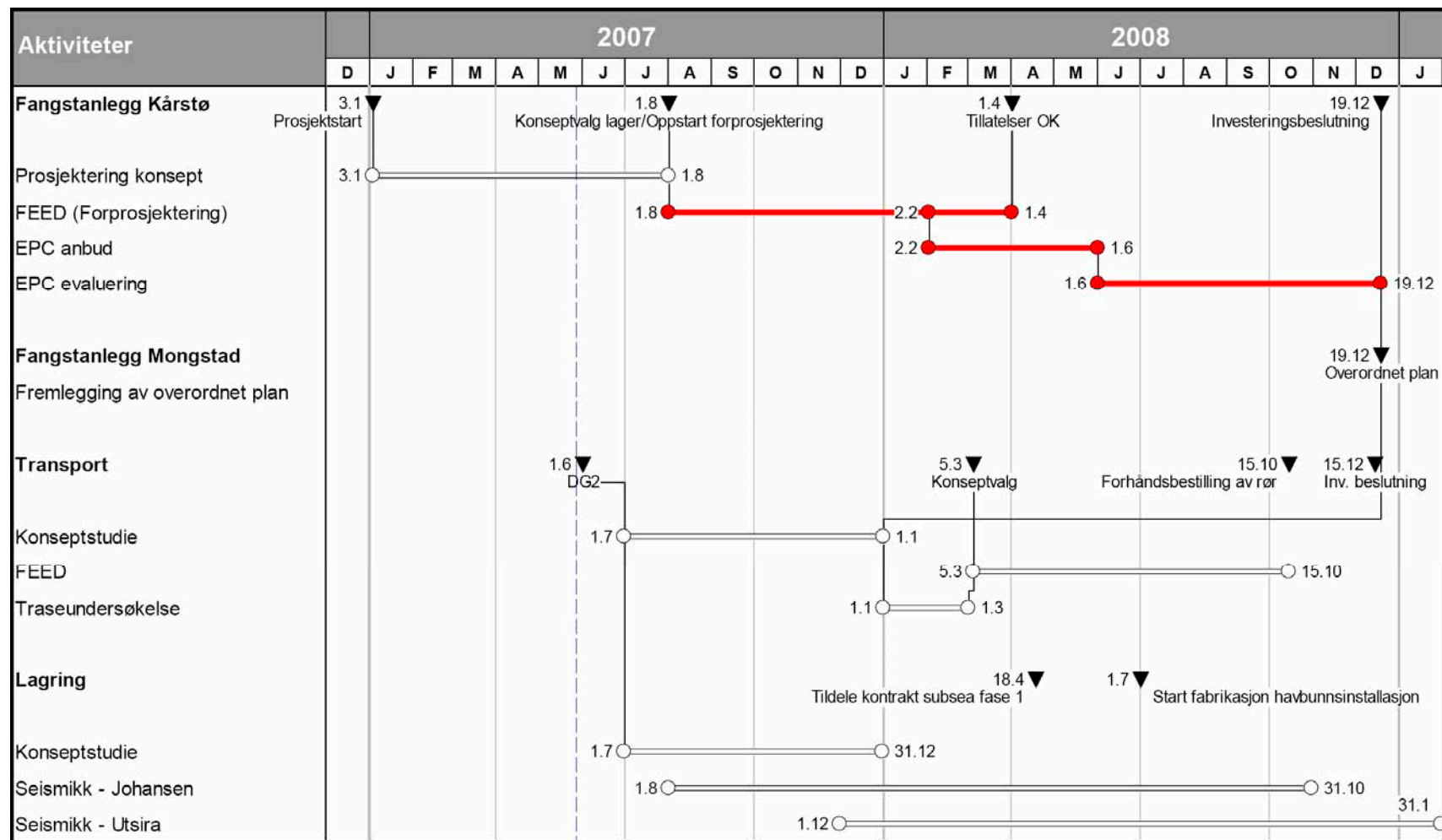
Videre vil beslutningene om konseptvalg og investering gjøres ytterligere krevende som følge av behov for samordnet fremdrift med fullskala fangstanlegg på Mongstad. For Mongstad angir avtalen mellom Statoil og Staten av oktober 2006 at Statoil skal levere en overordnet plan for fangst av CO<sub>2</sub> fra Mongstad innen utløpet av 2008. Det innebærer at en ikke kan forutsette at sentrale parametere av viktighet for konseptvalg, forprosjektering og investeringsbeslutning for transport og lagring (som CO<sub>2</sub>-volumer utover kraftvarmeverket, komposisjon etc.) foreligger når dette konseptvalget etter planen skal gjøres i mars 2008. Dette vil ha følgende effekter:

- Prosjektering og beslutninger for løsning for transport og lagring vil måtte gjøres på et teknisk grunnlag som normalt ikke aksepteres for slike beslutninger
- Risiko for å gjøre feilinvesteringer og unødvendig høye preinvesteringer blir stor
- Grunnlaget for å vurdere samordnet transport og lagring opp mot separat lagring (kostnads- og nåverdianalyser) vil være usikkert

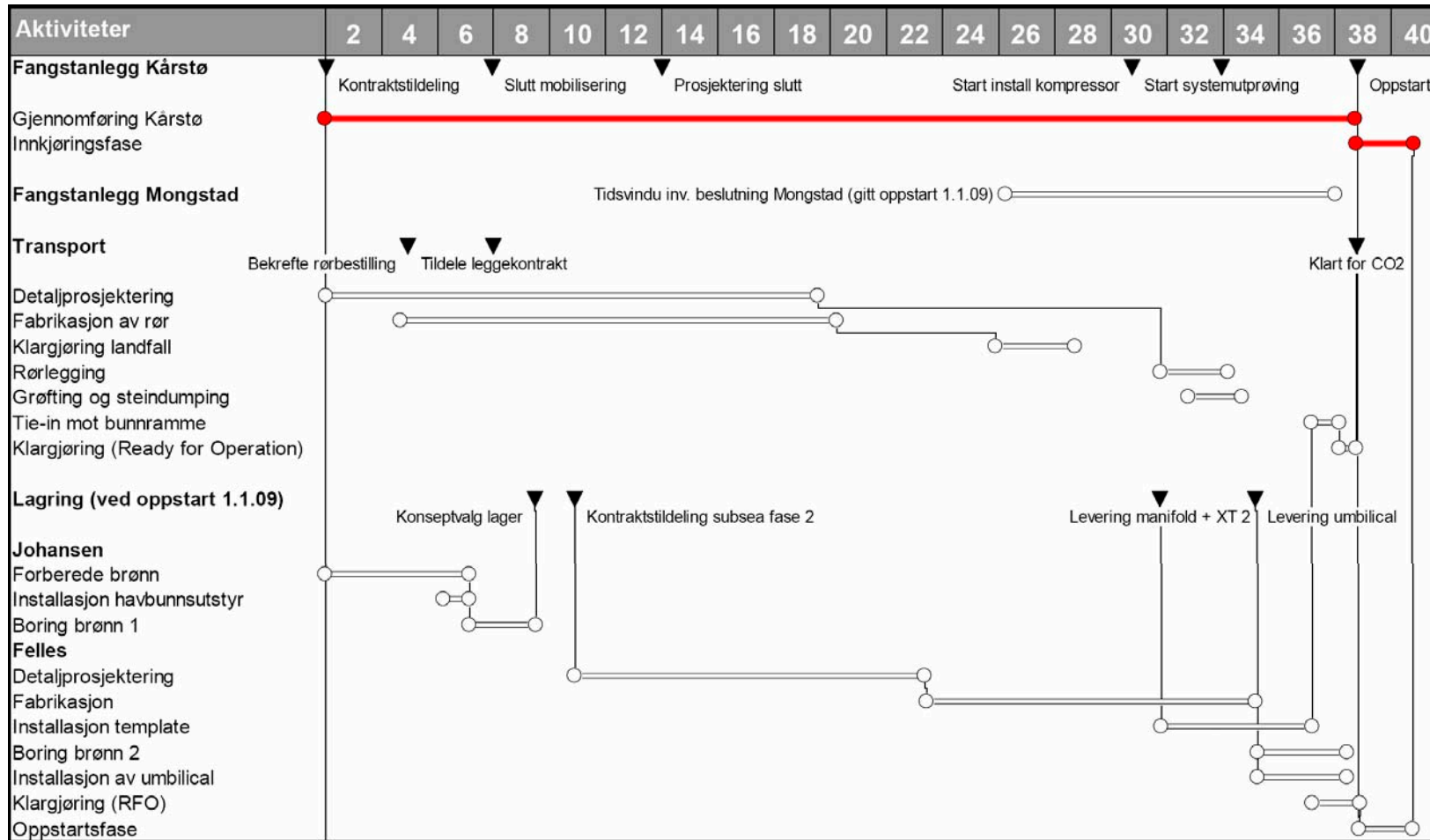
En utsatt investeringsbeslutning vil gi mulighet for å ta hensyn til opplysninger fra overordnet plan for Mongstad, men investeringsbeslutning for Mongstad vil fortsatt ikke foreligge ved investeringsbeslutning for disponeringsprosjektet.

#### Gjennomføringsfasen


Planen vist i figur 8 viser en sammenstilling av planene for gjennomføringsfasen for fangstanlegg, transportløsning og lagring, med utgangspunkt i investeringsbeslutning desember 2008. En detaljert plan for gjennomføring av fangst på Kårstø er gitt i NVEs rapport, denne gjengis i en forenklet versjon under. Som for planleggingsfasen representerer denne planen en sammenstilling av planer for de ulike delprosjektene, og ikke en anbefalt plan for gjennomføring av totalprosjektet.



Figur 7. Tidsplan for planleggingsfasen frem til investeringbeslutning 19/12-2008 (NVE's plan for Kårstø).



Figur 8. Plan for gjennomføringsfasen med utgangspunkt i investeringsbeslutning des. 2008.

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

Som beskrevet i forrige avsnitt er det betydelig usikkerhet rundt mulig tidspunkt for investeringsbeslutning, men det vil være krevende og forbundet med teknisk usikkerhet å nå investeringsbeslutning ved samordnet lagring før mot slutten av 2009. Dette innebærer at tidsplanen for transportløsning må forskyves ut i tid. En slik forskyvning er ikke nødvendigvis lineær, fordi offshoreoperasjonene er vær- og sesongavhengig. Dette kan medføre at en må forskyve rørinstallasjon med en hel leggesesong, med ny oppstart av CO<sub>2</sub>-injeksjon tidligst høsten 2012. Planen i figur 8 er således ikke representativ for alle mulige tidspunkter for investeringsbeslutning, en risikerer å måtte vente en vintersesong på rørinstallasjon og etterfølgende aktiviteter. Videre forutsetter Gassco i sin tidsplan bestilling av rørmaterialer og leggefartøy før endelig prosjektgodkjenning, på grunn av lang leveringstid for rørmaterialer og tilgjengelighet på leggefartøy.

For lagringsdelen av prosjektet skisserer planen modning av Johansen fm i etterkant av investeringsbeslutning for fangst og transport, med forutsetning om oppstart av gjennomføringsfasen 1.1.2009. Investeringsbeslutning for Mongstad skal gjøres i løpet av 2012. Ved en samordning av lagring vil en måtte gjøre forutsetninger om kapasiteter og egenskaper for CO<sub>2</sub> fra Mongstad før konseptvalg og investeringsbeslutning, noe som begrenser mulighetene for å gjøre valg etter hvert som prosjektet på Mongstad utvikles. Dette innebærer risiko for feildimensjonering av utstyr som må bestilles før investeringsbeslutning og i ytterste konsekvens risiko for at valgte løsninger ikke blir tatt i bruk.

Konseptvalg, investeringsbeslutning og oppstart bør være samtidige i totalprosjektet for å redusere risiko og oppnå en optimal utnyttelse av investeringene. Optimistiske anslag for de viktige milepælene for hvert delprosjekt knyttet til samordnet lagring av CO<sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad er gjengitt i tabell 4, for å illustrere utfordringene knyttet til tidsplan.


Tabell 4. Tidsplan.

Delprosjekt	Konseptvalg	Investeringsbeslutning	Oppstart
Fangst Kårstø 2011/2012	1.8.2007	Desember 2008	1.1.2012
Fangst Mongstad	2009-2012	I løpet av 2012	Tidligst 2014
Transport	1.3.2008	Desember 2008	1.1.2012
Uavhengig lager	1.9.2009	September 2009	Tidlig 2012

Tabell 4 illustrerer at delprosjektene separat sett kan være nær å oppnå oppstart tidlig i 2012, men at kravene til samtidighet i beslutninger i praksis gjør dette risikabelt.

## 6.2 Alternative planer

Diskusjonen over viser at en rask gjennomføring av fangst på Kårstø og samordnet lagring av CO<sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad vil være svært krevende fordi beslutninger må fattes alt i 3 eller 4 kvartal 2007 om bestilling av seismikk og rigg. Investeringsbeslutning for fangstanlegget må videre gjennomføres uten at endelig lokalitet for lagring er valgt. Dersom dette vurderes som lite gjennomførbart, synes følgende alternativer å gjenstå:

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

1. Lagring av CO<sub>2</sub> fra Kårstø via Sleipner A
2. Utsatt oppstart av lagring av CO<sub>2</sub> fra Kårstø til tidligst høsten 2012

Det første alternativet vurderes som mest relevant dersom Kårstø prosjektet har god fremdrift i tiden fremover, mens samordnet lagring synes mer realistisk dersom prosjektet på Kårstø blir forsinket med et år eller mer. Tidsplan for alternativ 1 finnes i NVEs rapport, mens en mulig tidsplan for alternativ 2 er vist i figur 9.

Planen i figur 9 tar utgangspunkt i oppstart av totalprosjektet 1.7.2007. Den tar hensyn til behovet for modning av lagringsalternativene før konseptvalg og investeringsbeslutning. Det innebærer at modning av lagring er på kritisk linje i planleggingsfasen av prosjektet (indikert ved bruk av rød farge på aktivitetene). Når investeringsbeslutning er fattet er det fangstanlegget på Kårstø, med en gjennomføringstid på om lag 3 år, som vil utgjøre kritisk linje.

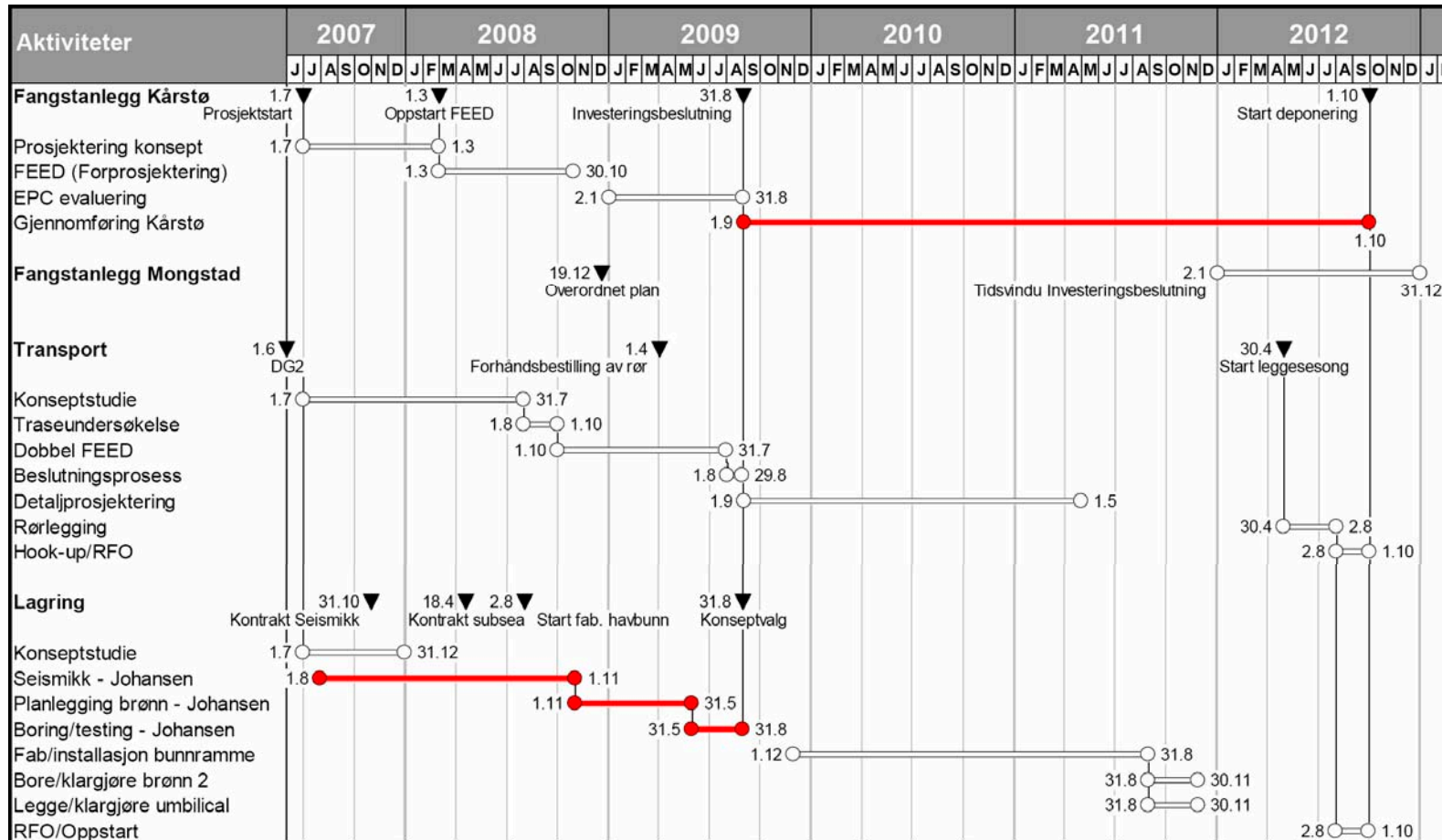
Dersom en primært ønsker lagring i Johansen-formasjonen, vil modning av lagringsalternativet medføre at det må utføres en dobbel forprosjektering av transportløsning, som modner rørtransport til både Johansen-formasjonen og Utsira. Slik dobbelt planlegging øker kostnadene i planleggingsfasen noe. Konseptvalg og investeringsbeslutning kan først gjøres etter at den første brønnen er boret i Johansen fm, noe som innebærer at disse milepælene først kan forventes oppnådd mot slutten av 2009.

I gjennomføringsfasen vil rørlegging og utprøving (RFO) av rør og subsea-løsning forskyves til leggesesongen 2012. Dette forsinker imidlertid ikke totalprosjektet, da fangstanlegget på Kårstø uansett krever en tilsvarende gjennomføringstid.

Denne planen fjerner ikke ulempen knyttet til at fangstanlegget på Mongstad først har investeringsbeslutning i løpet av 2012. En rekke designvalg og beslutninger for fangst på Kårstø, transport og lagring vil måtte fattes før investeringsbeslutning på Mongstad, det vil si på et mer usikkert grunnlag enn om beslutningene var samordnet.

### 6.3 Myndighetsbehandling

Det foreligger per i dag ingen klarhet når det gjelder omfang og tid for myndighetsbehandling av et lagringsprosjekt (se kap. 8.4). I praksis betyr dette en betydelig risiko for at også myndighetsbehandling kan havne på kritisk linje i planleggingsfasen for totalprosjektet. I prosjektets neste fase må dette adresseres ved at man har nær dialog med aktuelle myndighetsorganer både rundt krav til dokumentasjon, omfang av konsekvensutredninger med mer.



Figur 9. Tidsplan for planleggings- og gjennomføringsfase frem til oppstart årsskiftet 2012/13.

## 7 Usikkerhet og risiko

I dette kapittelet blir det påpekt hvilke faktorer som betraktes om kritiske for gjennomføring av prosjektet tidsmessig eller kostnadmessig slik det fremkommer i prosjekts anbefaling.

Med basis i de risikofaktorer som er omtalt under ønsker prosjektet å fremheve følgende:

1. Det må fattes beslutninger i tide slik at kritiske ressurser blir gjort tilgjengelig tidnok og til akseptabel pris. Dette gjelder kontrahering av seismikkfartøy, borerigg, leggefartøy for rør, samt bestilling av rør
2. Beslutningsprosess for gjennomføring av fangstanlegget må ta i betraktning tidsplan for transport og deponerings løsning. Disse er sterkt koblet ved at gjennomførbarhet og planlegging av lagringsalternativer er sterkt knyttet til plan for fangstanlegget. Derneft at dimensjonering av transport og deponeringsløsningen er knyttet til fangstanleggets dimensjonering. Plan for prosjektgjennomføring presentert over viser at en rasjonell prosess for valg av en ny deponeringslokalitet har en lengre planleggingsfase enn transport løsningen forut for investeringsbeslutning. Det kreves videre betydelige kostnader for gjennomføring av planleggingsfasen for en ny deponeringsløsning allerede i 2008 og en ansvarlig operatør må utnevnes i slutten av 2007. Beslutningsprosessene her vil være kritiske for hele gjennomføringsplanen
3. For et gitt valg av deponi vil største usikkerhet i kjeden være knyttet til injeksjonskapasitet. Denne risiko søkes minimert ved at det bores en brønn i planleggingsfasen. Uforutsette problemer med brønn er søkt kompensert ved å planlegge to brønner pr lokalitet
4. Det manglende lovhjemmel og regulatoriske rammeverk rundt geologisk lagring innebære en risiko for forsinkelse pga tidskrevende myndighetsbehandling og krav om tilleggs utredninger.

### 7.1 Tekniske risikofaktorer

#### Transport løsning (rør)

- Det er ikke identifisert noen kritiske tekniske problemstillinger knyttet til rørtransport av CO<sub>2</sub>
- De mest krevende faktorer som er knyttet til rørtransport er primært knyttet til faktorer som påvirker kostnader og/eller som har med planlegging og tidsmessig gjennomføring av prosjektene (se under)

#### Deponi

DNV har utført en "risk assessment workshop" med basis i OD' kartlegging av Utsira og Johansen lagrene. Denne ble gjennomført med en rekke nasjonale og internasjonale kapasiteter innen fagfeltet. Hovedkonklusjonene fra dette arbeidet har bidratt til å belyse og rangere hovedrisikofaktorene.

#### Utsira/nytt område nord for 59 gr (områdene 2 og 3):

- Risiko for migrasjon mot vest som bringer CO<sub>2</sub> over i gassfase med økt risiko for lekkasje til havbunnen

- Dokumentere kapasitet, migrasjonsveier som sikrer injektivitet og hindrer kontaminering av lisensbelagte områder
- Det finnes ikke sekundære reservoarer over Utsira som kan fange opp evt. lekkasje. Ved evt. lekkasje ut av reservoar er det risiko for lekkasje direkte til havbunnen
- Stort antall gamle brønner som penetrerer Utsira kan representere en lekkasje risiko

#### Utsira/ved Sleipner

- Kapasitet i eksisterende injeksjonsbrønn
- Risiko for migrasjon inn i gassfase området ved valgt lokalitet nord for Sleipner

#### Johansen fm (område 1)

- I all hovedsak er denne løsningen vurdert som teknisk svært sikker i forhold til lekkasje til atmosfære og for migrasjon inn i Troll feltet.
- Risiko er knyttet til reservoar egenskaper og injektivitet

Mulige stoppere er evt. konflikt forbundet med de store økonomiske interesser i Troll lisensen i forhold til risiko for kontaminering av gass fra en CO<sub>2</sub> injeksjon.

## **7.2 Risiko for tidsavvik**

### Deponering

- Deponering via Sleipner A
  - o Forutsetter enighet i lisens vedr tillatelse til å benytte eksisterende brønn og at beslutning kan taes før investeringsbeslutning for rør
  - o Dersom det melder seg behov for en ekstra brønn fra SLA vil det være knyttet risiko til både tidsavvik og kostnader
- Sleipner området
  - o Ved lokalitet langt vekk fra Sleipner kan eventuelt behov for brønn og seismikk i planleggingsfasen føre til forsinkelser
- Etablering av nytt deponi i Johansen fm (operativt fra 2012/13). Gjennomføringsplanen krever at man er villig til å forplikte store kostnader i planleggingsfasen.
  - o For den praktiske gjennomføring må man engasjere en operatør for å planlegge og gjennomføre boring av brønner
  - o Legging av styrekabel og tilkobling til plattform krever kommersielle forhandlinger med operatør på aktuell plattform

### Transportløsning (rør)

- Pga høy aktivitet i markedet stiller gjennomføringsplanen store krav til å gjennomføre beslutninger i tide både for å sikre seg rør, leggefartøy med støtte fartøy. Rørlegging er begrenset til sommersesong. Dette innebærer at mindre forsinkelser i planlegging og gjennomføring i verste fall kan føre til 1 års forsinkelse ved at man må flytte leggesesong 1 år
- Landfall og trase inn til Mongstad: Denne er komplisert og kan gi forsinkelser
- Kryssing av eksisterende rør og kabler krever en kommersiell prosess for å etablere krysningsavtaler

#### Myndighetsbehandling

- Uklare lovhjemler og regulatoriske regler og retningslinjer kan føre til forsinkelser ved at det stilles krav om tidkrevende tilleggsutredninger eller at saksbehandlingstid blir lang

#### Markedsmessige faktorer

- I tillegg til de faktorer som er omtalt over som har med tilgjengelighet på kritiske ressurser i et opphetet marked vil det også være et problem at CO<sub>2</sub>-håndtering er et nytt marked, der det mangler eller er få leverandører til å utføre sentrale oppgaver. Det pekes spesielt på behov for kvalifiserte operatører til å gjennomføre deponering og overvåking av lagret CO<sub>2</sub>

### **7.3 Kostnadsavvik**

Viktigste faktor som kan gi kostnadsavvik er:

- Plan- og gjennomføringsprosess som sikrer konsistens i prosjektet fra fangstanlegg til deponering. Hastverk og manglende samtidighet i beslutninger i de enkelte delprosjekter kan gi kostnadsavvik
- Prosess som sikrer beslutninger i tide til å inngå gode kontrakter om leveranser av materiell og tjenester
  - o Tidlig tildeling av leggekонтракт
  - o Tidlig bestilling av rør
  - o Bestilling av brønn/rigg
- Kostnader leggefartøy
- Volumavvik på CO<sub>2</sub> i forhold til plan (underfylling av kapasitet)
- Uforutsette problemer med injeksjonsbrønner
- Ved deponering via Sleipner A vil det være usikkerhet knyttet til evt. tariff for benyttelse av eksisterende infrastruktur, kostnader ved ombygging på plattformen, eventuelt kostnader ved behov for ekstra brønn

### **7.4 HMS**

Prosjektet forutsetter at krav til prosjektering, innkjøp, fabrikasjon og installasjon av utstyr på og utenfor eksisterende prosessanlegg må organiseres og utføres i henhold til allerede etablerte systemer. En nærmere analyse av risiko knyttet til planlegging, prosjektgjennomføring og drift av anleggene vil bli utført i en konseptfase.

Enhver utbygging av eksisterende plattformer øker risikonivået, så de frittstående løsningene er bedre fra HMS synspunkt. Industrien håndterer i noen sammenhenger risiko ved å stenge ned under installering. Det øker kostnadene som påføres ombyggingsprosjektet.

## 8 Konklusjon og anbefaling om videre arbeid.

### 8.1 Rangering og vurdering av scenarier

#### Transport

- For fullskala CO<sub>2</sub>-håndtering anbefales det å begrense videreføring av studiet til å omfatte transport via rør
- Skipstransport har i tidligere studier vært lansert som interessante for storskala CO<sub>2</sub> transport ut fra at de tilbyr mer fleksible løsninger mhp kilde/deponi løsninger. I dette studiet kommer skipsløsninger kostnadmessig dårligst ut og er mindre tiltalende også ut fra:
  - o Teknisk kompleksitet ved mange og store prosessanlegg
  - o Prosesser er energikrevende
  - o Bøyeossing av CO<sub>2</sub> er ikke utprøvd og må gjennom teknisk kvalifisering
  - o Kai kapasitet og anløps hyppighet ved Kårstø og Mongstad er anstrengt
  - o Lang leveringstid for skip gir ingen fordeler mhp gjennomføring fremfor rør
- For transport og lagring av 0,1 Mt CO<sub>2</sub>/år fra TCM konkluderes det med at det er en skipstransport løsning til et etablert deponi som er gjennomførbart tidsmessig dersom man legger til grunn en forventet beslutnings- og modningsprosess av et slikt prosjekt

#### Lagring

- Studiet har avdekket begrensninger ved Utsira som CO<sub>2</sub> deponi i området nord for Sleipner
- Ut fra foreliggende analyse anbefales det å jobbe videre med akviferlagring i Johansen-formasjonen samt Utsira formasjonen nær Sleipner

### 8.2 Samlet vurdering av kostnad, gjennomføring og sikkerhet ved de ulike scenarier


Analysen viser at:

- Det kostnads- og sikkerhetsmessig beste alternativ er å opprette et felles deponi for Mongstad og Kårstø i Johansen fm vest for Mongstad
- Deponering av Kårstø CO<sub>2</sub> via Sleipner A og Mongstad til Johansen fm vil ha en noe høyere investeringskostnad. Bruk av Sleipner A kan gi vesentlig dårligere fleksibilitet mhp større injeksjonsvolumer, og reduserer muligheter for kostnadseffektive løsninger til økt oljeutvinning senere
- Opprette felles deponi i Utsira i Sleipner området for både Kårstø og Mongstad er det kostnadmessige dårligste alternativ

### 8.3 Gjennomføring

Analysen av gjennomføringsplanen viser at:

- Ved krav om CO<sub>2</sub>-håndtering fra Kårstø i fra januar 2012 vil det være svært krevende tidsmessig å modne en annen løsning enn å gjennomføre deponering via eksisterende brønn på Sleipner
- Opprette nytt deponi i nærheten av Sleipner er mulig dersom man kan velge en lokalitet der man kan unngå boring av brønn før konseptvalg. En slik løsning må utredes

Beslutningsgrunnlag knyttet til transport og deponering av CO <sub>2</sub> fra Kårstø og Mongstad	Dok. nummer: 06/177	Dato: 20.09.07	
---	------------------------	-------------------	---

parallelt med Sleipner A inntil det er sikkert at en avtale med Sleipner lisensen er realiserbar

- Ved ca ett års forsinkelse på Kårstø vil man rekke å gjennomføre en kvalifisering av begge de anbefalte lagringsstedene og dermed stå friere til å velge den kostnadmessig beste løsning

#### 8.4 Hovedrisiko faktorer

Realisering av en integrert fangsttransport og lagringskjede er teknisk og prosjektmessig komplisert å gjennomføre. Teknisk risiko er primært knyttet til deponeringslokaliteten og er spesielt relatert til injeksjonskapasitet. Kostnadmessig er kjeden på transport og deponering bygd opp av kjente teknologielementer. Kostnadmessige usikkerheter er mer knyttet til evnen til å ta beslutninger tidlig for å kunne sikre seg gode priser på leveranser. Gjennomføringsmessig er det store utfordringer knyttet til tilgjengelighet av kritiske ressurser som stålrør, leggefartøy, borerigger etc. i et hett marked.

#### 8.5 Anbefalt videreføring

##### TCM 2010

Her anbefales utredning av en skipstransport løsning fra et landanlegg på Mongstad til et eksisterende deponi. Kostnadmessig anbefales transport til Melkøya. Transport med bøyelossing på Sleipner er teknisk mulig men vil bli uforholdsmessig kostbart. Det er tidligere anbefalt og vedtatt at løsningen for Mongstad 2010 skilles ut som eget prosjekt som skal følge prosjektet med bygging TCM.

##### Fullskala løsning Mongstad\Kårstø

For å være robust mhp gjennomføring av fullskala CO<sub>2</sub> fangst anbefaler prosjektet at man frem til konsept valg fokuserer på:

- 1) Videre studier på Johansen fm og Utsira fm i Sleipner området. Herunder:
  - a) Forhandlinger med Sleipner lisens om bruk av eksisterende injeksjonsbrønn. Avklare eventuelt behov for ekstra brønn på Sleipner A
  - b) Komme i posisjon til å kunne skyte seismikk på Johansen-lageret og planlegge brønn som skissert over
  - c) Utrede frittstående Utsira-deponi i nærheten av Sleipner A
- 2) Utrede transport via rør til disse to lokaliteter fra henholdsvis Kårstø og Mongstad

Arbeidet har vist at man er begrenset i valg av mulige lagringssteder ut fra hvor det er data tilgjengelig for å gjennomføre en kartlegging. Kystnære akviferer i områder med minimal konflikt med oljeinteresser kan forefinnes i feltene 17, 18, 27, 9, 10 og 11. For å kunne vurdere disse områdene med tanke på fremtidige alternative lagringslokaliteter anbefales det at man igangsetter et regionalt kartleggingsprogram for å vurdere disse områdene nærmere.