

Statens prosjektmodell  
Rapport nummer D058b

Kvalitetssikring (KS2) av demonstrasjon av  
fullskala fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub>  
Tilleggsvurdering fase 2

Utarbeidet for Olje- og energidepartementet og Finansdepartementet

28. juni 2018

## Om Atkins og Oslo Economics

*Atkins er et av verdens mest respekterte konsultentselskaper innen prosjektledelse og engineering av komplekse prosjekter. Vi verdsetter langsiktig samarbeid med våre kunder og partnere, og gjør vårt ytterste for å bidra til bærekraftig utvikling og vekst til beste for våre kunder og samfunnet – lokalt og globalt.*

*Oslo Economics er et samfunnsøkonomisk rådgivningsmiljø med erfarne konsulenter med bakgrunn fra offentlig forvaltning og ulike forsknings- og analysemiljøer. Vi tilbyr innsikt og analyse basert på bransjeerfaring, sterk fagkompetanse og et omfattende nettverk av samarbeidspartnere.*

*Kvalitetssikring (KS2) av demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO2  
Tilleggsvurdering fase 2*

*©Atkins og Oslo Economics, 29. juni 2018*

*Kontaktpersoner:*

*Atkins Norge; Magnus Eriksson, Tel: +47 9223 9518, Magnus.Eriksson@atkinsglobal.com  
Oslo Economics; Erik Magnus Sæther, Tel. +47 940 58 192, ems@osloeconomics.no*



# Innhold

<b>1. Innledning og konklusjon</b>	<b>4</b>
<b>2. Om oppdraget</b>	<b>6</b>
2.1 Oppdragsbeskrivelse	6
2.2 Underlag og gjennomføring	6
<b>3. Kostnads- og usikkerhetsanalyse</b>	<b>7</b>
3.1 KS2 rapport for fase 1 og 2	7
3.2 Endringer og konsekvenser for denne rapporten	7
3.3 FOV endringer basiskalkyler	7
3.4 Usikkerhetsanalyse forutsetninger	11
3.5 Usikkerhetsanalyse modeller og input	11
3.6 Usikkerhetsanalyse resultater	12
3.7 Statens samlede kostnader hel kjede	13
<b>4. Forutsetninger for å lykkes med gevinstrealisering</b>	<b>15</b>
4.1 Vurderingskriterier	15
4.2 Sannsynlighet for at prosjektet lykkes	15
4.3 Så lav kostnad som mulig	17
4.4 Viktighet av CO <sub>2</sub> -håndtering i bransjen	17
4.5 Oppsummering og konklusjon	19

# 1. Innledning og konklusjon

På oppdrag for Olje- og energidepartementet (OED) og Finansdepartementet gjennomfører Atkins og Oslo Economics kvalitetssikring av Demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub>.

KS1 i statens prosjektmodell for kvalitetssikring av store investeringer ble gjennomført i 2016.

KS2 for arbeidet med demonstrasjon av fullskala CO<sub>2</sub>-håndtering er delt opp for å tilpasses prosjektets framdriftsplan. Tre deloppdrag, fase 1-3, skal til sammen dekke kravene til KS2 for dette prosjektet. Rapport for fase 1 og 2 ble levert 28. februar 2018. Etter den tid har Fortum Oslo Varme (FOV) gjennomgått sitt prosjekt og foreslått tiltak for å redusere kostnadene og imøtekomme de utfordringene som ble påpekt i vår rapport mht. å realisere gevinster. Herværende rapport omhandler våre vurderinger av de tiltakene som FOV har presentert.

## Kostnader og usikkerhet

FOV har nå fremlagt endringer som totalt sett reduserer prosjektkostnadene. En betydelig del av endringene består i at Fortum overtar kostnadsposter som i tidligere kalkyler var angitt som prosjektkostnader. Disse endringene er forankret i interne beslutninger og dokumentert.

FOV har i sine reviderte kalkyler redusert CAPEX (investering) med nær 800 MNOK. Vi har gjennomgått endringene og mener reell kostnadsreduksjon er om lag 700 MNOK. FOV har også presentert reviderte OPEX (drift) kalkyler der reduksjonen er om lag 70 MNOK/år. Vi slutter oss til denne reduksjonen.

Vi har videre vurdert om de nye opplysningene medfører endringer i de overordnede usikkerhetsdriverne i prosjektet for FOV. Vår vurdering er at usikkerhetsbildet er noe redusert bl.a. med hensyn til videre detaljering og gjennomføringsusikkerhet. Totalt sett er imidlertid reduksjonen i usikkerhet liten.

Kostnader og usikkerhet for Norcem fangst, transport og lagring er ikke endret siden KS2 fase 2 rapporten, og i Tabell 1-1 oppsummeres hovedresultatene.

**Tabell 1-1 Hovedresultater p50, MNOK ekskl. mva. Prisnivå 2018**

Fangstaktør	Kostnader fangstandel			Hel kjede
	CAPEX	OPEX/år	CAPEX + OPEX 5 år	Totalkostnad 5 år
Norcem	3 100	160	3 900	11 200
FOV	3 500	190	4 500	11 800

**Kilde: Oslo Economics og Atkins Norge**

Forskjellen i kostnader mellom Norcems og FOVs fangstanlegg er betydelig redusert, men Norcem ligger fremdeles lavere.

## Gevinstrealisering

Vi har gjort en ny vurdering av FOVs forutsetninger for å realisere gevinster. Dette omhandler tre gevinster, og er basert på dokumentasjon fremlagt av FOV:

- Sannsynlighet for at prosjektet lykkes
- Så lav kostnad som mulig
- Viktighet av CO<sub>2</sub>-håndtering i bransjen

Vi finner at FOVs prosjekt er styrket siden forrige vurdering. Gjennomføringsusikkerheten er redusert, blant annet som en følge av at rørledning er erstattet av biltransport og at det er gjort grundigere undersøkelser av røykgass og amin-spredning. Kostnaden, både OPEX og CAPEX, er redusert. Anslagene for bransjens samlede globale klimagassutslipp er ikke endret, men vi åpner for at det legges vekt på at en stor del av klimagassene som vil fanges stamme fra biomasse.

Selv om FOVs prosjekt har kommet styrket ut av denne oppdaterte vurderingen, er det fortsatt vårt syn at Norcem har de beste forutsetningene for å realisere gevinster.

I vår opprinnelige kvalitetssikring anbefalte vi følgende:

*På grunn av risikoen for at eierbeslutninger i både Norcem og Yara vil sette en stopp for realisering av prosjektene og for å opprettholde en konkurransesituasjon, anbefales det å videreføre forprosjektering av tre fangstalternativer:*

- Norcem
- Yara prosessgass
- Fortum Oslo Varme

Når FOV nå har styrket sitt konsept opprettholder vi anbefalingen om at FOVs prosjekt videreføres til forprosjektering i tillegg til Norcems prosjekt.



## 2. Om oppdraget

### 2.1 Oppdragsbeskrivelse

Denne rapporten omfatter i henhold til oppdragsbeskrivelsen en sammenfatning av følgende oppgaver:

- Vurdere samlet kostnadsanslag for CO<sub>2</sub>-fangstprosjektet uavhengig av hvilke aktører som bærer kostnader
- Vurdere usikkerheten i kostnadsestimatet
- Synliggjøre statens samlede kostnader. Usikkerheten knyttet til statens andel må vurderes særskilt
- Vurdere om det er endringer i prosjektets gjennomføringsevne samt gjennomføringsrisiko
- Gjennomgå prosjektens finansieringsplan og budsjettmessige konsekvenser av bevilgning i takt med prosjektens aktivitet (bevilgningsmessig håndtering som et OPS-prosjekt, jf. nærmere omtale i Meld. St. 25 (2014-2015) kap. 3.4.2)

I usikkerhetsanalysen skal det vektlegges å vurdere ny informasjon. Dette gjelder særlig informasjon knyttet til prosjektets modenhet, valg av løsning for å transportere CO<sub>2</sub> til havnen og risiko for aminutslipp. I tillegg er det presentert ny informasjon knyttet til organisering og prosjektkompetanse som må vurderes. Det bør vurderes om endring av kostnadsanslagene, gitt usikkerheten, er statistisk signifikant.

Det skal i tillegg gjøres en vurdering av om ny informasjon fra FOV påvirker forutsetningene for gevinstrealisering og om det er grunnlag for å endre tidligere vurderinger på dette punktet. Det skal utarbeides en oppdatert Figur 3 (kap. 3.15, Vedlegg 8 til KS2-rapport fra februar 2018) på bakgrunn av denne vurderingen med begrunnelse for eventuelle endringer.

### 2.2 Underlag og gjennomføring

Følgende dokumenter er mottatt som grunnlag for kvalitetssikringen:

- Endringer fra konsept til oppstart forprosjekt, 18.5.2018
- Vedlegg 1 Notat - Planalternativ 2 evaluering, 14.3.2018
- Vedlegg 2 Fortum – City Solutions – Investments – Project Execution, 8.5.2018
- Vedlegg 3a - Reimbursible Estimate breakdown MJC
- Vedlegg 3b - Reimbursible Estimate KEA Template
- Vedlegg 4 - KEA aminutslipp, 1.3.2018
- Vedlegg 5 - Flue gas emission control report KEA Rev. 03, 8.5.2018
- Vedlegg 6 - Statement of commitment from Fortum, 15.5.2018
- Vedlegg 7 - Reiserapport Boundary dam, april 2018
- Veikart for CO<sub>2</sub>-fangst og lagring fra avfall
- Spesifisering av operasjonelle driftskostnader, 28.5.2018
- Avfall og potensial for karbonfangst, 29.5.2018
- Supplerende underlag til CAPEX og OPEX forprosjekt, 8.6.2018

Det er avholdt to møter med FOV for gjennomgang av henholdsvis reviderte kostnadstall og øvrige tiltak som er foreslått. I etterkant av møtene har vi mottatt kompletterende informasjon vedrørende temaer som ble diskutert.

## 3. Kostnads- og usikkerhetsanalyse

### 3.1 KS2 rapport for fase 1 og 2

I KS2 rapport for fase 1 og 2 (heretter kalt hovedrapport) ble CAPEX og OPEX vurdert for de tre aktuelle fangstaktørene Norcem, FOV og Yara. For Yara var det to aktuelle alternativer. I tillegg ble CAPEX og OPEX vurdert for transport og lagring. For alle CAPEX og OPEX bidrag ble det gjennomført usikkerhetsanalyser.

I rapporten ble det presentert totale CAPEX- og OPEX-kostnader uavhengig av hvem som finansierer for:

- Hvert av de fire fangstanleggene
- Transport
- Lagring
- Hel kjede (fangst, transport, lagring) for hvert av fangstanleggene separat
- Hel kjede med alle fangstanleggene (tre, siden Yara eventuelt bare kunne realisere ett)

I tillegg ble statens totale kostnader for hel kjede med én fangstaktør presentert.

### 3.2 Endringer og konsekvenser for denne rapporten

Etter at hovedrapporten ble levert, har det skjedd to vesentlige endringer som påvirker nye vurderinger

- FOV har levert oppdaterte kostnadstall og supplerende utredninger.
- Det er vedtatt at Yara ikke lenger er en aktuell fangstaktør. Regjeringen anbefaler (Revidert Statsbudsjett) ikke å videreføre prosjektet ved Yaras ammoniakfabrikk i Porsgrunn grunnet lavt læringspotensial sammenlignet med de to andre aktørene og usikkerhet rundt andre forhold ved anlegget. Yara støtter denne beslutningen og mener det ikke er industrielt fornuftig å videreføre deres prosjekt nå.

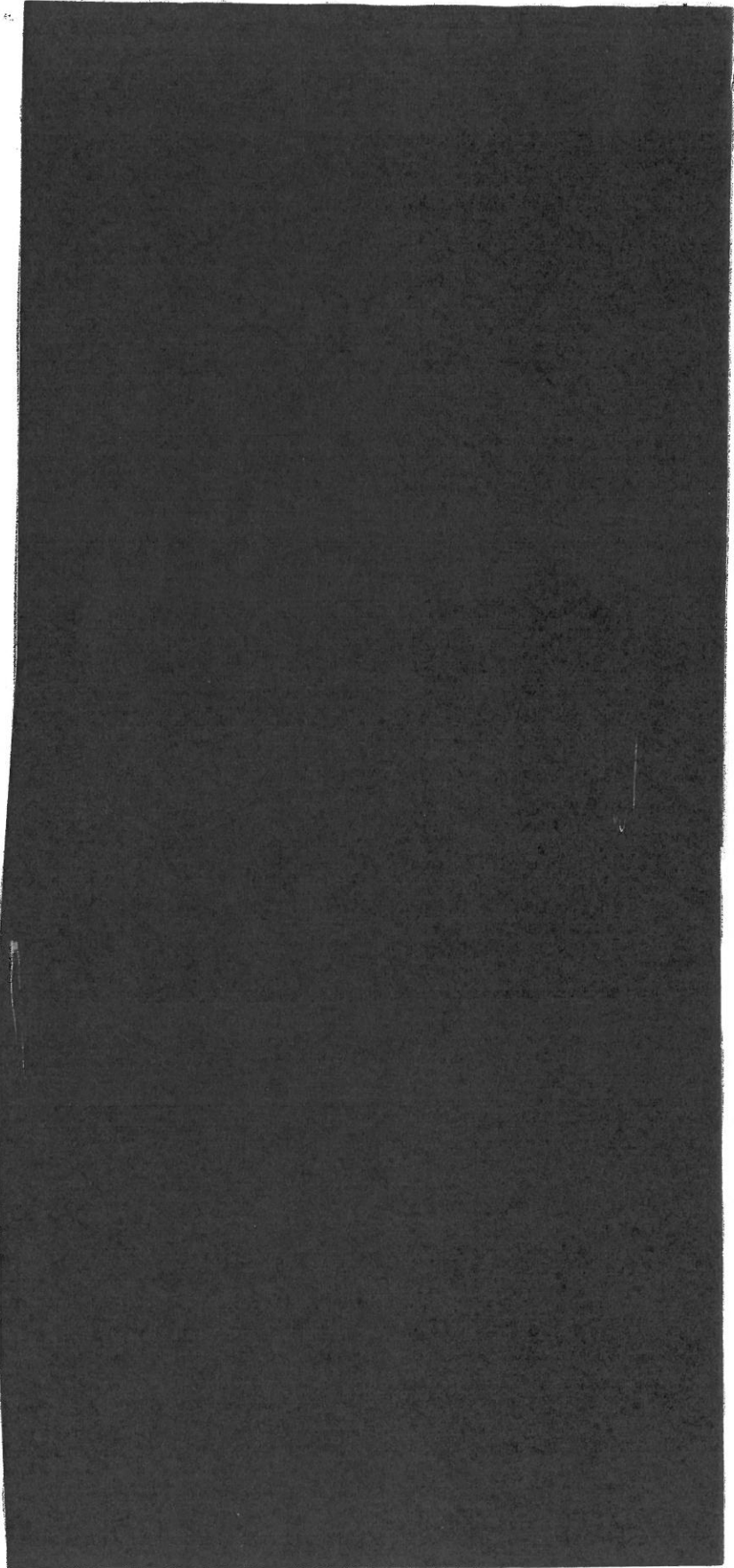
I foreliggende rapport er vurderinger og analyser derfor gjennomført basert på følgende:

- CAPEX og OPEX for Norcem fangstanlegg, transport og lagring er uendret
- CAPEX og OPEX for FOV er revurdert basert på ny informasjon
- Det er ikke presentert hel kjede resultater der Yara inngår, men separate CAPEX og OPEX tall for Yara er beholdt som 'benchmark'
- Alle sentrale forutsetninger som ble lagt til grunn i hovedrapporten er beholdt

### 3.3 FOV endringer basiskalkyler

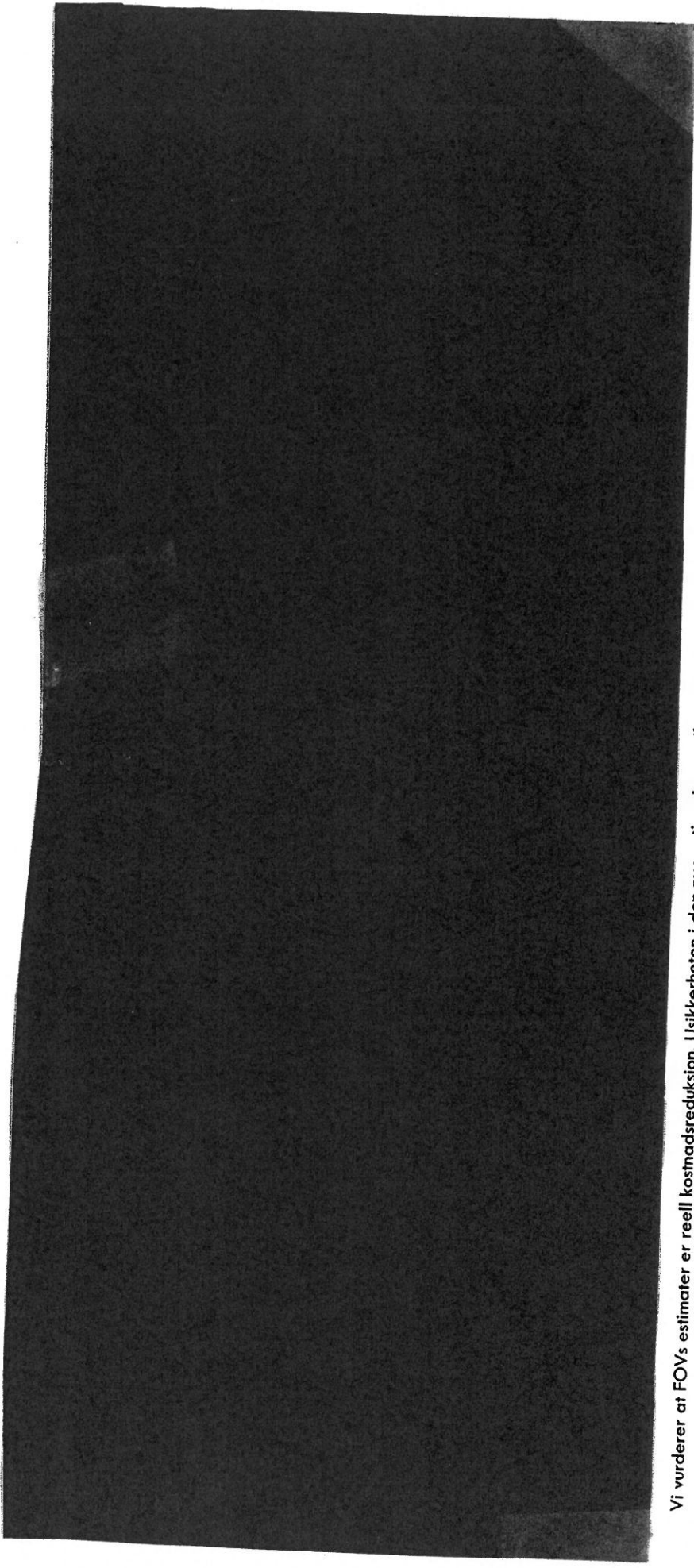
I hovedrapporten ble basiskalkyler for FOVs CAPEX- og OPEX-kostnader estimert til hhv. [redacted] og [redacted]. FOV har nå fremlagt endringer som totalt sett reduserer prosjektkostnadene. En betydelig del av endringene består i at Fortum overtar kostnadsposter som i tidligere kalkyler var angitt som prosjektkostnader. Disse endringene er forankret i interne beslutninger og dokumentert.

Endringene med våre vurderinger er gjengitt i tabellene under.



Vi vurderer total reell kostnadsreduksjon til 695 MNOK, 97 MNOK mindre enn FOVs egne tall. Usikkerheten i den nye estimeringen vil være dekket av generell estimatusikkerhet i analysemodellene.





Vi vurderer at FOVs estimater er reell kostnadsreduksjon. Usikkerheten i den nye estimeringen vil være dekket av generell estimatusikkerhet i analysemodellen. For FOV var det i hovedrapporten lagt inn betydelig usikkerhetsspenn for denne estimeringen, og det beholdes.

### 3.4 Usikkerhetsanalyse forutsetninger

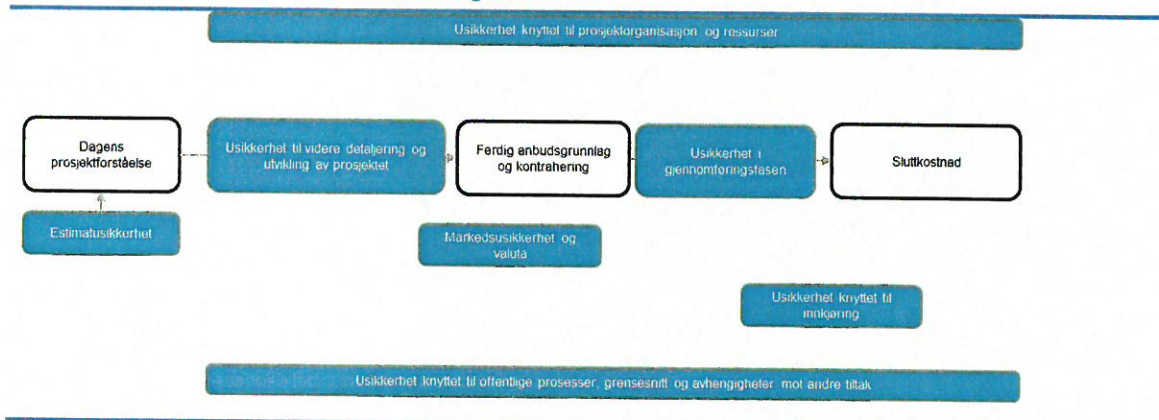
Vår usikkerhetsanalyse er bygd på følgende forutsetninger:

- Analysene dekker ikke større premissendringer, som f.eks.:
  - Industriaktører trekker seg senere i prosessen
  - Større endringer i spesifikasjoner, f.eks. temperatur og trykk
- Analysene vurderer ikke konsekvenser/usikkerhet knyttet til ulik grad av 'entusiasme' hos industriaktørene
- Hendelser med liten sannsynlighet og store konsekvenser (ekstremhendelser) medtas ikke
- Bevilgningsusikkerhet (stat eller aktører) medtas ikke. Det antas derfor at prosjektene etter en endelig investeringsbeslutning tilføres tilstrekkelig med midler for en normal gjennomføring
- Analysene er i prisnivå oktober 2018 og dekker kostnader etter en endelig investeringsbeslutning (etter FEED), men inkluderer ikke Gassnovas og OEDs kostnader
- Alle tall er ekskl. mva.
- Valutausikkerhet hensyntas på et overordnet nivå da endelig, aktuell valuta kan bli endret
- For lager er det lagt til grunn 1,5 millioner tonn CO2 per år, også i alternativene med kun én fangstaktør
- Statoils overtakelse av transport endrer ikke kostnadsbildet
- Det antas en moderat korrelasjon/samvirke (bl.a. marked og eierstyring) mellom de ulike fangstaktørene dersom flere fangstalternativer gjennomføres samtidig
- Unngåtte kvotekostnader er trukket fra årlig statlig støttebeløp

### 3.5 Usikkerhetsanalyse modeller og input

Usikkerheten knyttet til investeringskostnadene er vurdert basert på modellen vist i Figur 3-1.

Figur 3-1: Modell for usikkerhet i investeringskostnader



I foreliggende analyse ser vi ingen grunn til å endre vurderingen av estimatusikkerhet.

For usikkerhetsdriverne vil den nye informasjonen fra FOV påvirke usikkerheten som vist i tabellen under.



Tabell 3-3 Vurdering av usikkerhetsdrivere for FOV

USIKKERHETSDRIVER	VURDERING
Videre detaljering og utvikling	I stort vendt usikkerhetsbilde, men noe redusert ved at rørdning utgår og at nye spredningsanalyse indikerer redusert usikkerhet.
Markedsusikkerhet og valuta	Ingen endring
Usikkerhet i gjennomføringsfasen	Noe redusert usikkerhet ved at rørdning utgår og ny tomteløsning med mindre sprengning.
Usikkerhet knyttet til innkjøring	Ny spredningsanalyse medfører noe redusert usikkerhet.
Prosjektorganisasjon og ressurser	Tyngre involvering fra konsern medfører noe redusert usikkerhet.
Offentlige prosesser, grensesnitt, avhengigheter	Redusert usikkerhet ved at rørdning utgår og ny tomteløsning. På den annen side medfører ny transportløsning annen grensesnittusikkerhet.

Kilde: Oslo Economics og Atkins Norge

Det er antatt at estimerte OPEX-kostnader har samme relative usikkerhet som CAPEX.

### 3.6 Usikkerhetsanalyse resultater

Usikkerhetsanalysene for fangstaktørene er entydig rangert mellom aktørene Norcem og FOV i hele usikkerhetsspenet der FOV ligger høyest i kostnader. Forskjellen mellom de to fangstaktørene er imidlertid betydelig redusert gjennom de revisjoner FOV nå har foretatt.

Tabellen nedenfor viser forskjellen i CAPEX mellom Norcem og revidert og opprinnelig kalkyle for FOV.

Tabell 3-4 CAPEX MNOK ekskl. mva. Prisenivå 2018

	Norcem	FOV revidert	FOV opprinnelig
p50	3 113	3 523	4 527

Kilde: Oslo Economics og Atkins Norge

For hel kjede med en fangstaktør der all usikkerhet for fangst, transport og lagring er medtatt, varierer totalkostnaden (CAPEX og OPEX (5 år)) i oktober 2018 kroner ekskludert mva. mellom

- 9 300 MNOK (p15 for Norcem som fangstaktør)
- 13 800 MNOK (p85 for FOV som fangstaktør)

Tilsvarende tall for hel kjede med begge fangstaktørene er:

- 15 300 MNOK (p15)
- 20 000 MNOK (p85)



## 3.7 Statens samlede kostnader hel kjede

For fangst og lagring er tanken at aktørene skal bidra til deler av finansieringen underveis i investeringsfasen og at dette blir tilbakebetalt nominelt i driftsfasen. For transport er ikke kompensasjonsmodell avklart, men staten må forventes å måtte dekke hele kostnaden inkludert finanskostnaden.

### 3.7.1 Utkast til avtale for fangstaktørene

OED har laget et utkast til avtale for fangstaktørene. Hovedelementer i utkastet er:

- Staten dekker CAPEX opp til et definert nivå 1. Denne finansieringen kommer først
- Staten og fangstaktørene deler 50/50 av CAPEX over nivå 1. Det er ikke indikert noen begrensninger av risiko for fangstaktørene over nivå 1
- Fangstaktørenes bidrag tilbakebetales uten indeksering med like beløp over 5 driftsår
- OPEX dekkes løpende, men er begrenset til avtalt forventet driftskostnad uten indeksering. Dette medfører en risiko for fangstaktørene ved avvik fra forventet kostnad
- OPEX-tilskudd skal beregnes mot forventet fanget CO<sub>2</sub>-mengde. De statlige kostnadene vil mao. ikke bli vesentlig større enn avtalt (maksimalt ved 105 %)
- OPEX-tilskudd reduseres med fangstaktørenes reduserte CO<sub>2</sub> kvotekostnader

### 3.7.2 Analyse

Siden det ikke eksisterer endelige avtaler, må en analyse i dag av statens samlede kostnader til hel kjede bygges på noen forutsetninger:

- For både fangst og lagring antas det at CAPEX nivå 1 settes til 80% av p50 fra usikkerhetsanalysen
- Over nivå 1 deles CAPEX 50/50 mellom stat og aktører uten begrensninger og aktørenes bidrag tilbakebetales uten indeksering med like beløp over 5 driftsår
- Fangstanleggene kjøres med full teoretisk CO<sub>2</sub>-fangst i hele driftsperioden
- Unngåtte kvotekostnader blir fratrukket statens bidrag til fangstaktørene
- Transportkostnadene blir direkte finansiert år for år både for CAPEX og OPEX
- Analysen baseres på følgende framdrift:

Tabell 3-5 Prosent fordeling av CAPEX og OPEX for hel kjede i tid

Fordeling i tid	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
CAPEX fangst/lagring fordeling	20%	30%	30%	20%					
CAPEX transport fordeling		20%	40%	40%					
OPEX fordeling					100%	100%	100%	100%	100%

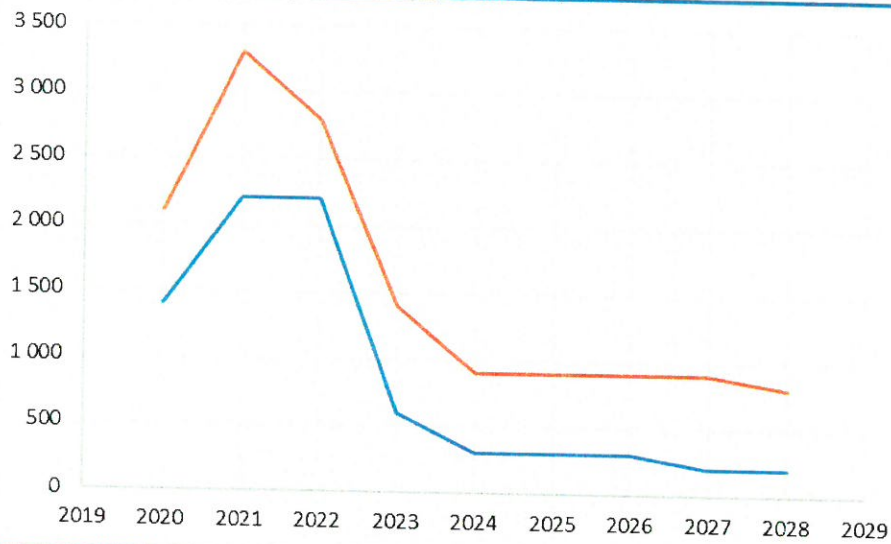
Kilde: Oslo Economics og Atkins Norge

### 3.7.3 Statlig kontantstrøm

Figur 3-2 illustrerer usikkerheten i statens totale kontantstrøm (CAPEX og OPEX) for hel kjede med en fangstaktør

- Nederste kurve reflekterer p15 for hel kjede med fangstaktøren med lavest kostnader
- Øverste kurve reflekterer p85 for hel kjede med fangstaktøren med høyest kostnader

**Figur 3-2** Variasjon i statlig kontantstrøm for hel kjede MNOK, prisnivå oktober 2018, ekskl. mva.



Kilde: Oslo Economics og Atkins Norge

Tallene er vist i Tabell 3-6 og avrundet til nærmeste 100 MNOK.

**Tabell 3-6** Variasjon i statlig kontantstrøm for hel kjede MNOK, prisnivå oktober 2018, ekskl. mva.

År	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Nederste kurve	1 400	2 200	2 200	600	300	300	300	200	200
Øverste kurve	2 100	3 300	2 800	1 400	900	900	900	900	800

## 4. Forutsetninger for å lykkes med gevinstrealisering

### 4.1 Vurderingskriterier

I Vedlegg 8 Gevinstrealisering til vår rapport «Kvalitetssikring (KS2) av demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub> Rapport fase 1 og 2», 28. februar 2018 vurderte vi hvilken fangstaktør, med hvilket fangstanlegg, som har best forutsetninger for å realisere gevinster. Dette betyr at vi vurderte hvilket anlegg som med størst sannsynlighet vil bli et godt demonstrasjonsanlegg for å gi læring til fremtidige anlegg.

Vi benyttet følgende vurderingskriterier:

- Sannsynlighet for at prosjektet lykkes
- Så lav kostnad som mulig
- Legge til rette for forskning
- Optimalisering av teknologi
- Læring fra støttemodell
- Redusert oppskaleringsrisiko
- Utvikle leverandører
- Viktighet av CO<sub>2</sub>-håndtering i bransjen
- Engasjement for spredningsaktiviteter
- Læring om finansiering
- Læring om regulering
- Verdi av infrastruktur
- Norsk næringsutvikling

Beskrivelse av kriteriene og opprinnelig vurdering og begrunnelse fremkommer i Vedlegg 8 til vår rapport «Kvalitetssikring (KS2) av demonstrasjon av fullskala fangst, transport og lagring av CO<sub>2</sub>, Rapport fase 1 og 2.

Fortum Oslo Varme har fremlagt ny dokumentasjon som er relevant for tre av disse vurderingskriteriene:

- Sannsynlighet for at prosjektet lykkes
- Så lav kostnad som mulig
- Viktighet av CO<sub>2</sub>-håndtering i bransjen

Nedenfor gjengis den oppdaterte vurderingen av FOVs prosjekt. Det er ikke gjort en ny vurdering av de øvrige fangstprosjektene.

### 4.2 Sannsynlighet for at prosjektet lykkes

Dette er et viktig vurderingskriterium, som sammen med kriteriet *så lav kostnad som mulig* er ment å representere gevinst 1.1 fra OED/Gassnova sin gevinstplan<sup>1</sup>: *Prosjektet skal gi kunnskap om at det er mulig og trygt å gjennomføre CO<sub>2</sub>-håndtering* (Figur 1 kap. 3). For at prosjektet skal bli et godt demonstrasjonsprosjekt, bør gjennomføringsfasen gå så bra som mulig, og anlegget som fanger CO<sub>2</sub> må fungere godt og være trygt. Dette krever at prosjektet i seg selv er godt, at risikoen for å mislykkes er begrenset, blant annet som en følge av teknologisk og organisatorisk modenhet og begrenset kompleksitet i prosjektet. Videre betinger det at det ikke oppstår utfordringer knyttet til trygghet for befolkningen (for eksempel utslipp av aminer).

FOV ble opprinnelig rangert nederst på dette kriteriet, fordi prosjektet hadde noen særskilte utfordringer, blant annet knyttet til etablering av en lang rørledning fra fangstanlegget til kai. I tillegg vurderte vi at det er noe usikkerhet rundt teknologiens modenhet. Gassnova har dessuten pekt på at FOV har noe mindre erfaring i sin organisasjon enn de to andre fangstaktørene. Risikoen for at det oppstår negativ oppmerksomhet knyttet til mulighet for utslipp av aminer tett på en stor by er til stede. Samlet har disse forholdene gitt en betydelig høyere risiko for FOVs prosjekt enn de andre fangstprosjektene.

<sup>1</sup> Gassnova, juni 2017: Rapport Gevinstrealiseringsplan Fullskalaprojektet, Dokumentnr. 17/174-1



### Endret transportløsning

FOV foreslår nå et endret konsept for transport fra fangstanlegget til kai; rørledningen er tatt ut av konseptet og erstattet med transport med tankbiler. Dette reduserer etter vår vurdering gjennomføringsrisikoen ved etablering av en rørtrase i et byområde med tilhørende reguleringsutfordringer og øker fleksibiliteten i prosjektet med hensyn til valg av utskipningssted. Dette anses også som en mer robust løsning når det gjelder usikkerheten om fangstanleggets driftstid etter at støtteperioden opphører. Transport med tankbil gir også fleksibilitet med tanke på at andre fangstanlegg i regionen i fremtiden kan benytte samme havneanlegg for utskipning. Vi legger til grunn at det vil være arealer tilgjengelig for utskipning på egnet sted i Oslo havn. Bruk av vegtransport kan gi noe økt fleksibilitet i lokalisering av et slikt anlegg. Vegtransport gjør det også mulig å benytte andre utskipingshavner enn Oslo havn hvis dette er mer hensiktsmessig.

Miljøbelastningen ved trafikk vil bli noe større enn ved rørledning. Det er ingen grunn til å anta at den reelle risikoen ved CO<sub>2</sub>-transport øker ved biltransport i stedet for rørtransport. Vi anser totalt sett transport med tankbiler som best egnet på nåværende tidspunkt. Løsningen gir fleksibilitet og man kan på et senere tidspunkt etablere en rørledning hvis det over tid anses som en mer hensiktsmessig løsning. Dette gir også bedre tid til å gjennomføre planlegging og reguleringsprosesser knyttet til rørledningen.

### Analyse av utslipp av aminer til luft og vann

Videre har FOV gjennomført spredningsstudier for aminer, gjort ytterligere undersøkelser av røykgassen og lagt inn ekstra rensetiltak i konseptet.

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har i samarbeid med Universitetet i Oslo gjennomført beregninger av spredning og omdannelse av aminer fra CO<sub>2</sub>-håndteringsanlegget på Klemetsrud. Beregningene viser at det er konsentrasjonsgrense for vann som er dimensjonerende for utslipp, og det er med grunnlag i dette angitt grenseverdi for aminutslipp fra anlegget. Analysene fra NILU må suppleres med ytterligere analyser i senere utredningsfase. En konservativ tilnærming er å bygge anlegget slik at grenseverdien på 0,4 ppmv ikke overskrides i et worst-case scenario.

TechnipFMC med teknologileverandør Shell har garantert overholdelse av utslipp som sikrer at grenseverdi angitt i spredningsberegningen, inkludert margin for usikkerhet, vil bli overholdt. FOV har i tillegg et definert prosjektmål om å bygge et aminanlegg med såkalt ALARP nivå (as low as reasonably practicable).

FOV har, i tillegg til online måling samt konsesjonsmålinger i henhold til utslippstillatelsen, etablert et program for avanserte målinger av aerosoler, finpartikulært m.v. Målinger utført i februar/mars 2018 dokumenterer at utslippene av kritiske parametere er vesentlig lavere enn det som lå til grunn for TechnipFMC/Shell sin garanti for utslipp.

Gassnova har i et notat (dokumentnummer 18/116-1 bekreftet at FOVs tilleggsutredning har gitt en redusert risiko i prosjektet:

*På grunn av at partikkelinnhold i røykgassen nå er bedre kjent, spredningsanalysen utført, krav til aminutslipp fra fangstanlegget kjent og prosessen med teknologikvalifisering igangsatt, mener Gassnova at risikoen ved SCs fangstteknologi kan reduseres, og komme på nivå med Norcems fangstteknologi. Det gjenstår imidlertid noe arbeid: Kvalifiseringsprogrammet må fullføres og dokumenteres og de fire elementene i SCs teknologi må modnes til nivå 1. Dette er det, etter Gassnovas vurdering, gode muligheter for å lykkes med.*

### Sannsynlighet for at prosjektet lykkes oppsummert

Fortum har forpliktet seg til å benytte ressurser med betydelig erfaring fra lignende prosjekter i fangstprosjektet. Dette tilsier at kompetansen i prosjektorganisasjonen vil være på et høyt nivå. Dette vil bidra til å øke sannsynligheten for en vellykket prosjektgjennomføring. Bruk av ressurser fra Finland reduserer også kostnaden for ledelse og administrasjon av prosjektet.



Samlet sett har FOV i betydelig grad redusert risikoen i prosjektet, og vår oppdaterte vurdering er at FOVs prosjekt vil kunne utvikles til samme nivå som Norcems prosjekt når det gjelder sannsynlighet for at prosjektet lykkes. Dette betinger at det gjenstående arbeidet som Gassnova peker på utføres.

### 4.3 Så lav kostnad som mulig

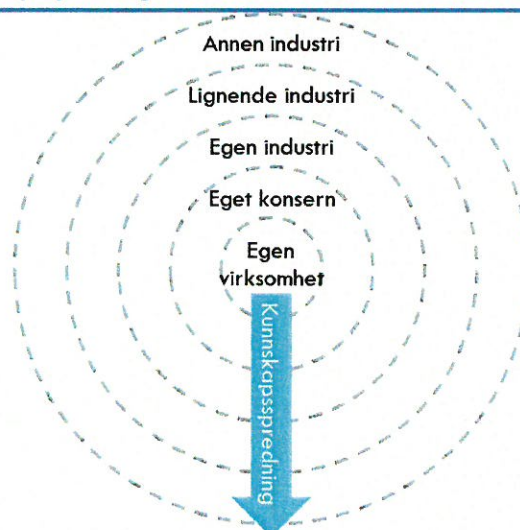
Et godt demonstrasjonsprosjekt bør, alt annet likt, ha så lav kostnad som mulig. En høy kostnad vil virke avskrekkende for potensielle kommende prosjekter. Dette kriteriet inngår således i gevinst 1.1. Kostnad kan gjelde både totalkostnaden for fangstanlegget og kostnad per fanget tonn CO<sub>2</sub>. Det er ikke opplagt hvilken av disse kostnadsstørrelsene som er viktigst. Vi har vektlagt begge disse kostnadsstørrelsene i vår vurdering. Både investerings- og driftskostnader er medtatt i vurderingen, og det er våre P50-estimer som er benyttet.

FOVs anlegg hadde på tidspunktet for den opprinnelige vurderingen vesentlig høyere kostnad enn de andre anleggene, og ble derfor rangert nederst på dette kriteriet. Som vist i kapittel 3 har FOV i ettertid presentert nye kostnadsestimater, med til dels betydelig reduksjon. Kostnadene, både CAPEX og OPEX, er likevel fortsatt høyere enn Norcems kostnader. Fangstvolumet for disse to prosjektene er på samme nivået. Så selv om FOVs prosjekt har styrket seg vesentlig i vurderingen av dette kriteriet, vil prosjektet fortsatt være lavest rangert (på nivå med Yaras røykgass-konsept).

### 4.4 Viktighet av CO<sub>2</sub>-håndtering i bransjen

Dette kriteriet er tatt med i vår evalueringsmodell fordi det ikke er likegyldig hvem som lærer av et norsk demonstrasjonsprosjekt. Dette er illustrert i Figur 2 nedenfor. Demonstrasjonsprosjektet vil ha størst verdi dersom kunnskapen overføres til aktører som står for en stor andel av globale CO<sub>2</sub>-utslipp og har få andre muligheter for å redusere disse utslippene. Erfaring med fullskala fangst fra røykgass er overførbart mellom kilder og industrier. Mye læring vil således kunne være helt uavhengig av virksomhet og industri, og alle prosjektene vil kunne gi læring til alle typer industrier. Vi legger likevel til grunn at kunnskapsoverføring er enklere jo «kortere vei» det er mellom de som har kunnskap og dem kunnskapen skal deles med. Dette skyldes både at en del av læringen vil knytte seg spesifikt til tilsvarende industrianlegg, men også at det er nettverk i næringen som kunnskapen kan spres i, både innenfor konsern og mellom konsern. I tillegg kan det tenkes at konkurransevirkninger vil gi incentiver til spredning; hvis en aktør f.eks. produserer «grønn sement», kan det presse andre aktører til å gjøre det samme. Alt annet likt, er det derfor en fordel om fangstaktøren opererer i en næring med stort globalt CO<sub>2</sub>-utslipp, og har begrenset mulighet til å redusere dette utslippet med andre tiltak enn CO<sub>2</sub>-håndtering.

Figur 3 Illustrasjon av kunnskapsspredning



I vår opprinnelige vurdering viste vi til en beregning av fremtidige utslipp fra avfallsforbrenning globalt. Avfallsforbrenning er i dag en begrenset industri i global sammenheng. IPCC<sup>2</sup> anslår at det vil være vekst i denne næringen frem til 2050, men at CO<sub>2</sub>-utslippene likevel vil utgjøre en begrenset del av globale utslipp, i størrelsesorden 0,2-0,3 prosent. Selv om FOVs fangstanlegg vil bidra til økt bruk av CO<sub>2</sub>-håndtering i avfallsforbrenningsanlegg globalt, vil dette dermed likevel bare ha en begrenset virkning på globale klimagassutslipp. FOVs prosjekt ble dermed rangert nederst på dette kriteriet.

FOV argumenterer for at det globale potensialet for CO<sub>2</sub>-fangst fra avfallsforbrenning er større enn det som fremkommer i vår opprinnelige vurdering. FOV har fremlagt sine synspunkter på dette i et notat datert 29.05.2018. FOV ser ut til å ha tre argumenter for at potensialet er større enn det vi har redegjort for:

- CO<sub>2</sub>-håndtering på avfallsforbrenning vil øke tempoet på overgangen fra landfylling til forbrenning
- Volumet av avfallsforbrenningsanlegg øker raskere enn IPCC har lagt til grunn
- Andelen biologisk CO<sub>2</sub> må også tas hensyn til i beregningen

En overgang fra landfylling til forbrenning uten CO<sub>2</sub>-håndtering gir i seg selv betydelig reduksjon i utslipp av klimagasser. Dersom tempoet på denne overgangen øker, gir det dermed reduserte klimagassutslipp globalt. FOV argumenter for at CO<sub>2</sub>-håndtering på avfallsforbrenning vil gjøre avfallsforbrenning mer attraktivt, og at et slikt tiltak dermed vil øke overgangen til forbrenning. Reduserte klimagassutslipp som følge av denne forserte overgangen til forbrenning bør derfor inkluderes i potensialet. Vi kan ikke se at et slikt økt tempo i overgangen til forbrenning er sannsynliggjort og inkluderer derfor ikke denne virkningen i vår beregning av det globale potensialet. Den betydelige kostnaden ved CO<sub>2</sub>-håndtering vil etter vår vurdering antagelig medføre at en svært begrenset andel av forbrenningsanleggene vil utstyres med CO<sub>2</sub>-håndtering i en lang periode fremover.

Dersom IPCCs estimer av forbrenningsvolum skulle være for konservative, vil det bety at det globale potensialet for CO<sub>2</sub>-håndtering i avfallsbransjen blir undervurdert. FOV er tydelige på at statistikken på avfallsfeltet internasjonalt er mangelfull. Det er derfor krevende å gi gode estimer av omfang både i dag og fremover. FOVs beregning, som viser et globalt potensial på linje med potensialet for sement, tar inn virkningen fra reduserte utslipp ved overgang fra landfylling til forbrenning, og legger til grunn en meget kraftig vekst i andelen avfall som forbrennes globalt.

IPCCs rapport er tolv år gammel, og det kan ha skjedd trendsifter i etterkant. Verdensbanken publiserte en rapport<sup>3</sup> i 2012 som opererer med tilsvarende volumer (om lag 130 megatonn) årlig forbrenning som IPCC-rapporten. OECD anslår årlig klimagassutslipp i verden i 2050 til 80 gigatonn<sup>4</sup>. IPCC anslår utslipp fra avfallsforbrenning samme år til 80-230 megatonn. Av dette fremkommer da at bare 0,1-0,3 prosent av verdens samlede klimagassutslipp vil genereres av avfallsforbrenning. Vi kan ikke se at det finnes mer oppdaterte tall av god kvalitet som gir et annet estimat på fremtidige utslipp fra avfallsforbrenning enn IPCC-estimatet. Det vil være store usikkerhet i slike estimer, men det vil kreves mer enn en tidobling av estimatet for at potensialet for CCS fra avfallsforbrenning blir like stort som potensialet for CCS fra sementproduksjon.

Våre beregninger for potensial for CO<sub>2</sub>-fangst globalt vurderer mengden CO<sub>2</sub>-som kan fanges som en direkte konsekvens av det utslipp som skjer på anlegget. Beregningene tar ikke hensyn til indirekte virkninger, og dermed heller ikke til andelen biologisk CO<sub>2</sub>. FOV argumenterer for at 58 % av det som forbrennes vil være biologisk materiale, som har fanget CO<sub>2</sub> gjennom sin levetid, og som ville sluppet denne mengden CO<sub>2</sub> ut igjen som en del av det naturlige kretsløpet. Fangst av CO<sub>2</sub> fra biologisk materiale vil således fjerne CO<sub>2</sub> fra kretsløpet, slik at kretsløpet blir karbonnegativt, ikke bare karbonnøytralt. FOV har lagt til grunn at denne virkningen gir et påslag på 58 prosent på volumet fanget CO<sub>2</sub>. Dersom vi inkluderer denne virkningen i våre beregninger, og legger til grunn at FOVs anslag på 58 prosent biologisk materiale også er representativt globalt, ville dette øke vårt anslag for avfallsforbrenning til opp mot 0,5 prosent av globale utslipp. Avstanden opp til potensialet for sement vil fortsatt være betydelig, og det vil fortsatt også være noe avstand opp til potensialet for ammoniakk.

Alt i alt rangeres derfor FOVs prosjekt fortsatt nederst på dette kriteriet. Dette betyr ikke at det ikke er et betydelig potensial for CO<sub>2</sub>-fangst fra avfallsforbrenning, men at potensialet er enda større i sement- og ammoniakkbransjen.

<sup>2</sup> <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg3/ar4-wg3-chapter10.pdf>

<sup>3</sup> <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>

<sup>4</sup> <https://www.oecd.org/env/cc/49082173.pdf>



## 4.5 Oppsummering og konklusjon

Figuren under oppsummerer rangeringen på hvert kriterium, med rød markering der det er endring fra opprinnelig vurdering. Det er bare FOVs prosjekt som er vurdert i denne omgang.

**Figur 4 Vurdering av forutsetninger for gevinstrealisering**

Effektmål	Kriterier	FOV	NORCEM	Yara prosessgass	Yara røykgass
1: Kunnskap som viser at det er mulig og trygt å gjennomføre fullskala CO <sub>2</sub> -håndtering	~1.1 Sannsynlighet for at prosjektet lykkes (trygghet, teknologisk og org. modenhet, risikovilje, mm.)	++	++	+++	++
	~1.1 Så lav kostnad som mulig	++	+++	+++	++
	2.1 Legge til rette for forskning	++	++	+	++
	2.2 Optimalisering av teknologi	++	++	+	++
	2.3 / 2.4 Læring fra støttemodell		Dekkes av effektmål 3		
2: Læring og spredning om teknologi og skalering	2.6 Redusert oppskaleringsrisiko	++	++	+	++
	2.7 Utvikle leverandører	+	+	+	+
	Viktigheten av CO <sub>2</sub> -håndtering i bransjen	+(+)	+++	++	++
	Engasjement for spredningsaktiviteter	+++	++	+	+
3: Læring om regulering og finansiering	3.1 Finansiering /finansiering av neste anlegg	+	+	+	+
	3.2 Regulering	+	+	+	+
4: Næringsutvikling	~4.2 Verdi av infrastruktur	+	+	+	+
	~4.2 Norsk næringsutvikling	+	+	+	+

Vi konkluderer fortsatt med at Norcem har de beste forutsetningene for å lykkes med gevinstrealiseringen. FOVs prosjekt har styrket seg betydelig, både i form av redusert gjennomføringsrisiko og lavere kostnader, og hvis man tar hensyn til biologisk CO<sub>2</sub> i beregningen av viktigheten av CO<sub>2</sub>-håndtering i bransjen, har FOV styrket seg også på det kriteriet.

**ATKINS**

oslo**economics**

*[www.osloeconomics.no](http://www.osloeconomics.no)*

*[www.atkinsglobal.no](http://www.atkinsglobal.no)*



