



Håndtering av CO₂ fra gasskraftverk i Hammerfest

Inneholder gradert informasjon

Studenter ved Gass- og Prosessteknologi:

Kathrine Alesen
Lajla Harper
Bjørn-Tore Jakobsen
Ann-Mari Midttun
Hilde Mona Pedersen
Daniel Robertsen
Thomas Øien



HØGSKOLEN I TROMSØ
avdeling for ingeniør- og økonomifag

Håndtering av CO₂ fra gasskraftverk i Hammerfest

Sammendrag:

Er det hensiktsmessig med rensing og deponering av CO₂ fra gasskraftverk i forhold til kostnad og miljø? Dette er utgangspunktet for vår prosjektoppgave. Vi skal se på to forskjellige typer gasskraftverk, et med CO₂ rensing og et som slipper CO₂ rett ut i atmosfæren. Ser man gjennom øynene til en økonom eller en miljøvernaktivist er problemstillingen lett å besvare. Vi vil derimot prøve å se litt bak argumentene deres og se hva som er sannsynlig å gjennomføre i dag.

Teknologien rundt CO₂ rensing utvikles ikke så fort som man skulle ønske, og som man kanskje kunne forvente med tanke på dagens energisituasjon. Vi lurer på hva dette skyldes, og hva som kan gjøres for å fremme utviklingen av CO₂-frie varmekraftverk. Er det virkelig god miljøpolitikk å selge gass som råstoff til andre europeiske land som har mye større utslipp av klimagasser enn Norge?

Vi har funnet ut at rensing og deponering av CO₂ kan bli hensiktsmessig både i forhold til kostnad og miljø med enkle politiske grep. Norge har vært et foregangsland innen miljøvennlig kraft, og vi har nå muligheten til å ligge fremst i utviklingen av miljøvennlig gasskraft. Vi vil da være et skritt nærmere løsningen på et voksende energiproblem nasjonalt. Og enda viktigere – hvis vi kan vise at dette er mulig kan vi kanskje få Europa og resten av verden til å følge på.

Forord:

Hensikten med dette prosjektet er at studentene skal lære seg å bruke arbeidsformen prosjektarbeid. I tillegg har de muligheten til å jobbe med et emne som er relevant for videre studier, og på denne måten øke kunnskap og interesse for temaet.

Vi vil gjerne takke for den hjelp vi har fått underveis. Prosjektleder ved Hammerfest Elektrisitetsverk Bjørn Blix og informasjonsdirektør for Snøhvitprosjektet Sverre Kojedal har bistått med mye samarbeidsvilje og førstehånds informasjon. En spesiell takk går til veileder Kjell Johannesen. Med sitt engasjement og sin kunnskap om temaet har han i stor grad vært med på å gjøre vår tid som prosjektgruppe interessant og spennende.

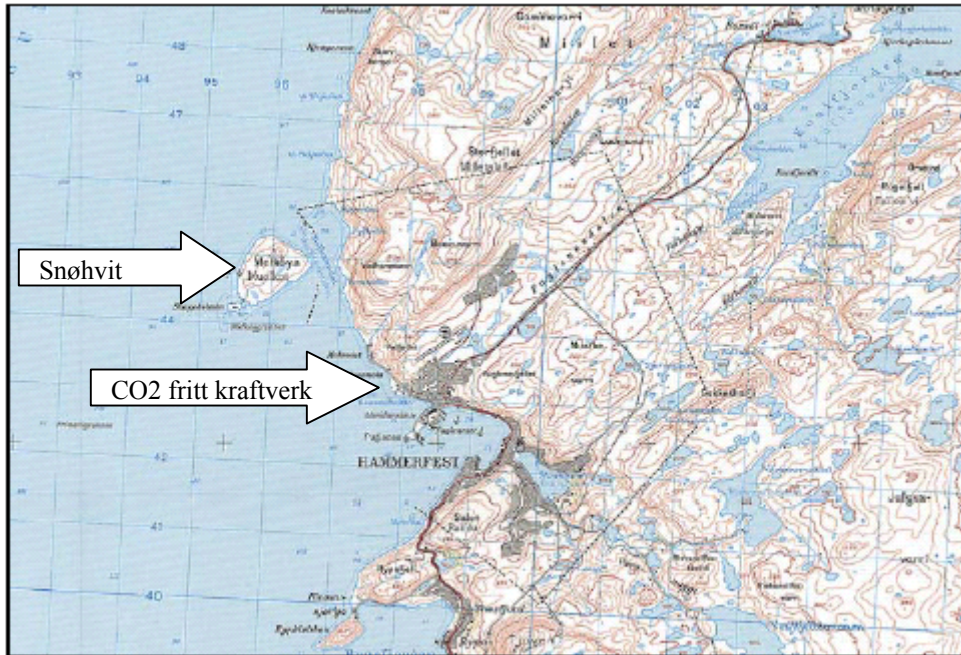
Tromsø, 20.11.03

Innholdsfortegnelse:

1. Innledning	side 1
2. Konvensjonelt gasskraftverk, Snøhvit LNG-anlegg	side 3
2.1 Innledning	side 3
2.2 Arbeidsmetode	side 3
2.3 Teknologi	side 4
2.4 Miljøhensyn	side 6
2.5 Økonomi	side 9
3. CO ₂ -fritt gasskraftverk, Hammerfest El.verk	side 10
3.1 Innledning	side 10
3.2 Arbeidsmetode	side 11
3.3 Teknologi	side 11
3.4 Miljøhensyn	side 12
3.5 Økonomi	side 13
4. Vurdering	side 15
5. Konklusjon	side 16
6. Kildehenvisning	side 17

1. Innledning:

Statoils Snøhvit-prosjekt utenfor Hammerfest har vært mye eksponert i media de siste årene. En del av prosjektet som kommer lite frem i media er energianlegget som skal gi LNG-anlegget energi til å kjøle ned naturgass til flytende form. Dette er et konvensjonelt gasskraftverk, som slipper ut avgassene til atmosfæren. De siste månedene har det kommet frem at Hammerfest Elektrisitetsverk med sine samarbeidspartnere planlegger å bygge et CO₂ fritt gasskraftverk. Dette vil i så fall bli verdens første i sitt slag, dersom det står klart som planlagt i 2005. Vi skal i denne oppgaven se litt på forskjellene i CO₂ behandling mellom disse to kraftverkene.



Figur 1.0 (Statoil [7]): Plassering av Snøhvit og det planlagte CO₂ frie gasskraftverket i Hammerfest.

Ved valg av oppgave ble det spesielt lagt vekt på temaet skulle være aktuelt, og at det skulle være relevant for vår studielinje. Da alle i vår gruppe går på gass og prosess syntes vi at temaet gasskraftverk ville være nyttig å få et bedre innblikk i med tanke på våre videre studier. Gasskraftverk har de senere år vært et omdiskutert tema her i landet. Dette gjorde prosjektet mer interessant, da vi ønsket å sette oss bedre inn i debatten. Aspektet med CO₂-fritt gasskraftverk kom for alvor inn samtidig med at vi lette etter tema og problemstilling, da det ble kjent at det planlegges bygging av et slikt i Hammerfest.

Vi avgrenset oppgaven til kun å drøfte behandling av CO₂ fra gasskraftverket på Snøhvit og det tiltenkte gasskraftverket i Hammerfest. Det som vi synes var viktig å få frem ved denne oppgaven var å gi et lite innblikk i gasskraftverk og de forskjellige konsekvensene miljømessig ved de to aktuelle gasskraftverkene.

Rapporten er bygd opp i to hoveddeler. Der vi først ser på det konvensjonelle gasskraftverket som skal levere energi til Snøhvit LNG-anlegg, og deretter Hammerfest Elektrisitetsverks planlagte CO₂ frie gasskraftverk på Rossmolla. Formålet med dette prosjektet er å få en bedre innsikt i hvordan disse gasskraftverkene fungerer og hvilke

Håndtering av CO₂ fra gasskraftverk i Hammerfest

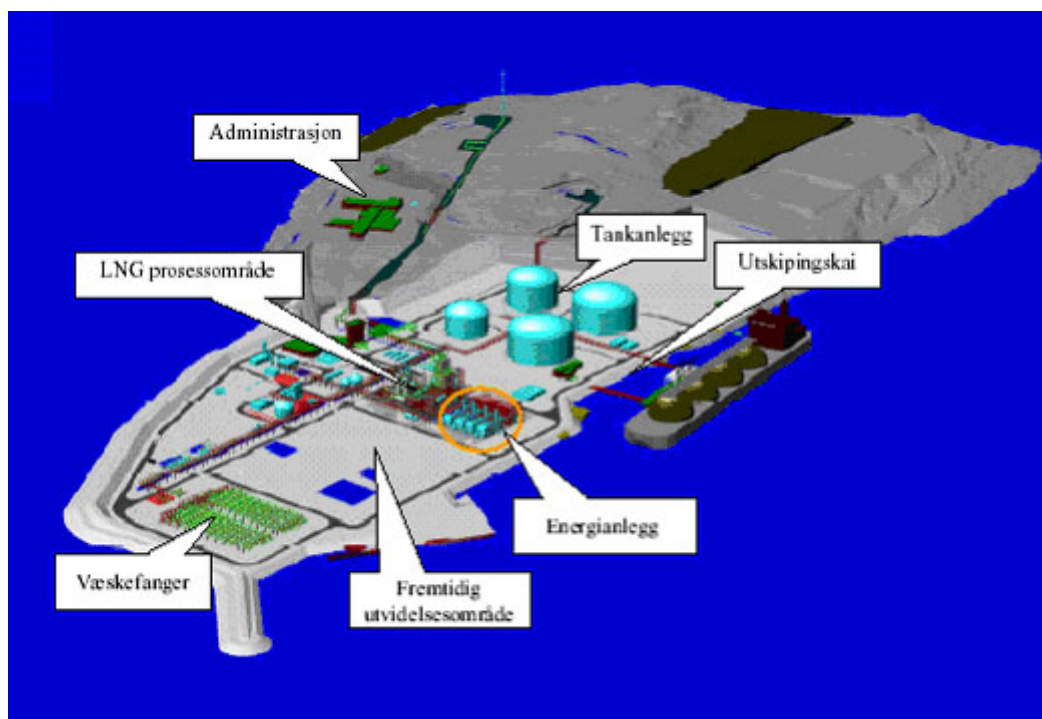
konsekvenser disse vil få for miljøet. Hensikten bak prosjektet er å lære om arbeidsmetoden prosjektarbeid. Metode, gruppesamarbeid, oppgaveskriving og planlegging er viktige elementer her.

Vi ser på temaet som meget spennende, da dette kan være med på å forandre hele den norske energifokuseringen. Vi vil også få mer innblikk i energidebatten som pågår, slik at vi som fremtidige ingeniører kan være med på å styre denne i fremtiden.

2. Konvensjonelt gasskraftverk, Snøhvit LNG-anlegg

2.1 Innledning:

Prosjektet Snøhvit bygges i to faser, fase 1 er Snøhvit-feltet og anlegget på Melkøya. Fase 2 er når de etter hvert setter i gang produksjon på Askeladden og Albatross-feltene. Driften av LNG-anlegget på Melkøya (Figur 2.0) krever en stor mengde kraft og varme. LNG er den internasjonale markedsbetegnelsen på flytende naturgass. Gassen består av 90% metangass, og for at metan skal bli flytende må den kjøles ned til 163 minusgrader. Denne nedkjølingen trenger store mengder energi. Denne energien skal komme fra anleggets eget energiproduksjons-anlegg, som blir en del av LNG-fabrikken. Energianlegget drives av gass fra Snøhvitfeltet, som føres inn gjennom rørledninger til landanlegget.



Figur 2.0 (Statoil [6]): Planskisse over LNG-anlegget på Melkøya.

2.2 Arbeidsmetode:

For å få tak i mest mulig oppdatert informasjon om energianlegget på Snøhvit, kontaktet vi informasjonssjefen for Snøhvitprosjektet, Sverre Kojedal, pr. telefon. Han forklarte hvor vi ville finne opplysningene om Snøhvit via internett. Vi hentet ned masse opplysninger for så å plukke ut hva vi trengte, og fant ut hva vi manglet av informasjon. I uke 44 ringte vi Sverre Kojedal igjen, og fortalte hva vi manglet til prosjektet, hvor han da fortalte hvor vi kunne finne dette. I uke 45 mente vi å ha nok informasjon til å begynne, og startet med å skrive ferdig delen om energianlegget på Snøhvit.

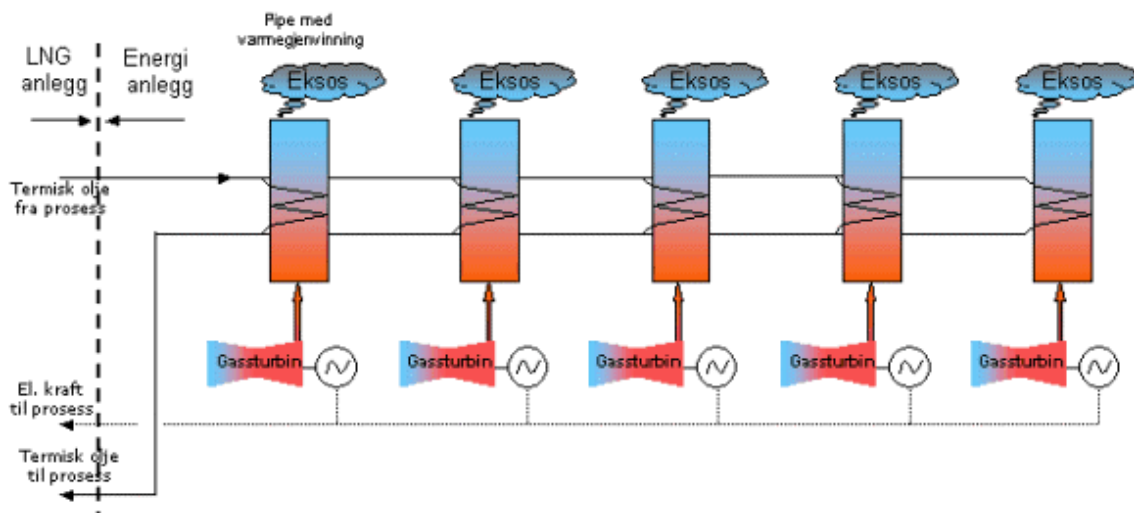
2.3 Teknologi:

Teknologien antas å være den beste som er tilgjengelig (BAT, best available techniques). Driften av dette anlegget vil hele tiden tilpasses LNG-anleggets energibehov. Energianlegget skal forsyne energi til hele landanlegget inklusive prosessering, lager, utskipningssystemer, administrasjons- og personellanlegg, samt offshoreinstallasjonene.

LNG-anlegget har nærmest et konstant kraft og varmebehov over hele året. For 330 dagers drift vil LNG-anlegget i startfasen (fase 1) ha et årlig elektrisk energibehov på 1,45 TWh, som vil øke til 1,64 TWh etter ca. 5-7 år (fase 2). Det årlige varmeforbruket vil være 1,25 TWh. Samlet installert genereringskapasitet i energianlegget vil være ca. 241 MW elkraft og ca 210 MW varme. Det samlede elektriske energibehovet for LNG-anlegget vil altså omtrent tilsvare det totale energiforbruket i Finnmark. På grunn av overslag med ulike forutsetninger er det litt variasjon i tallene, men disse er ikke store.

Energianlegget vil ferdig utbygd bl.a. bestå av følgende hovedkomponenter:

- 5 stk gassurbiner, LM6000PD med antatt lavt NO_x brennkammersystem, for produksjon av elektrisk energi.
- 5 stk varmegjenvinningsenheter i eksoskanalene på turbogeneratorene for produksjon av prosessvarme. Det vil brukt olje som prosessvarmebærer.
- 5 stk turbingeneratorer, med merkeytelse på 49,6 MW, 15 kV.
- 5 stk generatortransformatorer(63 MVA), 15/132 kV.



Figur 2.1 (Statoil [6]): Skjematisk fremstilling av energianlegget.

Energianleggets oppgaver er:

- Sikre drift av Snøhvitområdet og rørledninger (offshore).
- Sikre drift av Snøhvit landanlegg og bygningsmasse (land) med 1,45 – 1,64 TWh elektrisk energi.
- Forsyne Snøhvit landanlegg med 1,25 TWh varme.

Håndtering av CO₂ fra gasskraftverk i Hammerfest

Hvis en av gassturbinene er ute av drift, vil et forsterket linjenett fra Alta over Skaidi bli brukt som reservekilde til elektrisk kraft. Ved oppstart av energianlegget vil alle gassturbiner være installert. Fire monteres på lekteren, den femte utenfor lekteren. For å opprettholde høy varmeutnyttelsesgrad er det planlagt gjenvinning av varme i eksosgassen fra alle 5 gassturbinene, ved at olje pumpes gjennom en rørsøyfe som er montert i eksoskanalen (Figur 2.1). Eksosgassen som kommer ut fra gassturbinen har en temperatur på ca 450 °C, og denne varmen benyttes for oppvarming av oljen til 260 °C. Den varme oljen føres i en lukket krets ut til alle varmebrukerne i anlegget, og returnerer tilbake til varmegjenvinningsenheten med en temperatur på ca 140 °C.

Konseptet innebærer at varmegjenvinning fra 4 gassturbiner dekker prosessen sitt varmebehov og at varmegjenvinningen fra den femte gassturbinen utnyttes til å produsere damp som driver en dampturbin påsatt generator. Dampen benyttes videre i en lavtrykks dampturbin for elektrisitetsproduksjon. Dvs. at det installeres et kombikraftverk. Samlet installert effekt som anlegget kan levere vil være ca 241 MW elkraft og ca 168 MW varme. Produsert effekt fra gassturbinene reduseres når lufttemperaturen øker. LNG-anleggets effektbehov er nærmest konstant over året, og det er beregnet at det kan oppstå driftsituasjoner med et effektbehov som krever full utnyttelse av alle 5 gassturbinene. Effektreserve skal dimensjoneres i forhold til variasjoner i luft- og sjøvannstemperatur, samt luftfuktighet.

2.4 Miljøhensyn:

Tabell 2.0 viser til virkningsgrad og utslipp fra anlegget. Det vil drives på delproduksjon, med alle fem gassturbinene i drift, slik at kraftproduksjonen balanseres mot LNG-anleggets effektbehov.

Tabell 2.0 (Statoil [6]): Produksjon, forbruk, utslipp og virkningsgrad for energianlegg med 5 gassturbiner hvorav en som kombikraftverk i hhv. fase 1 og 2.

	Fase 1		Fase 2	
	DEL- PRODUKSJON	FULL- PRODUKSJON	DEL- PRODUKSJON	FULL- PRODUKSJON
PRODUKSJON				
Antall gassturbiner i drift (4 + CCGT)	4+1	4+1	4+1	4+1
Genereringskapasitet [MW]	241	241	241	241
Dellast : GT+varmegjenvinner [%]	4 x 69	4 x 100	4 x 81,6	4 x 100
Kombikraftverk [%]	100	100	100	100
Kraftproduksjon [MW]	184	241	207	241
FORBRUK LNG-ANLEGG				
El. effektbehov LNG-anlegg [MW]	184	184	207	207
Varmebehov LNG-anlegg [MW]	120	120	120	120
EFFEKTOVERSKUDD				
Effekt tilgjengelig for innmating [MW]	0	57	0	34
UTSLIPP				
CO ₂ [tonn/år]	791.000	948.000	871.000	948.000
NO _x [tonn/år]	582	697	641	697
CO [tonn/år]	354	424	390	424
CO ₂ [kg / tonn produsert LNG og LPG]	176	210	194	210
CO ₂ [kg / kWh el.]	0,54	0,50	0,53	0,50
CO ₂ [kg / kWh el. og varme]	0,33	0,33	0,34	0,33
VIRKNINGSGRAD				
Elektrisk virkningsgrad	39,4	43,0 %	40,2 %	43,0 %
Totalvirkningsgrad	65,0	64,5 %	63,5 %	64,5 %

Tabellen overfor viser en marginal nedgang i totalvirkningsgraden i fase 1 ved innmating av overskuddskraft til linjenettet, samtidig som det for fase 2 vil være en marginal forbedring av totalvirkningsgraden. De totale utslippene fra anlegget vil imidlertid øke med innmating av eventuell overskuddskraft til anleggets linjenett.

Forbrenning av hydrokarboner for energiproduksjon ved bruk av gassturbiner vil gi utslipp til luft av CO₂, CO, NO_x og uforbrente hydrokarboner. Den NO_x brennerteknologi i turbinene som Statoil skal bruke, mener de vil gi lite utslipp av NO_x. De vurderer utslipp av NO_x til å ha en maksimalgrense på 25 ppm, dette representerer BAT på området. Det er beregnet en årlig utslippsmengde på 641 tonn NO_x. Hammerfest-området og Vest-Finnmark har generelt lav belastning av nitrogenavsetninger, og nivået antas å ligge under naturens tålegrense. Bidraget fra Energianlegget på Melkøya vil kun i liten grad påvirke denne situasjonen. Det er

teknisk mulig å redusere NO_x nivået ned mot 5 ppm, ved en tilleggsinvestering på vel 100 millioner kroner. Siden dette ikke vil bidra til å bedre miljøtilstanden i området, som er god fra før, vurderer Statoil et slikt tiltak å ha lav nyttekostnad og dette er ikke foretrukket. Det vil i stedet bli vurdert tiltak med tredjepartsløsninger som kan gi betydelig større reduksjoner i norske NO_x utslipp. Energianlegget vil øke NO_x utslipp i Norge med 0,3%.

Produksjon av kraft og varme fra gass medfører imidlertid med dagens teknologi utslipp til luft av CO₂. For det konsesjonssøkte konseptet er den årlige utslippsmengden beregnet til 790.000 tonn i fase 1, og øker til 870.000 tonn for fase 2. Dette vil øke de nasjonale CO₂ - utslippene med omtrent 2%. Statoil har ikke funnet det økonomisk hensiktsmessig med dagens teknologi å gjennomføre ytterligere CO₂ rensing. Det er imidlertid avsatt plass i anlegget for evt. å kunne etterinstallere CO₂ rensing, når teknologien er bedre utviklet og mer kostnadseffektiv. Inntil dette eventuelt finner sted, vil CO₂ utslippene kompenseres gjennom å utnytte kvotehandel av CO₂ som det er åpnet for i Kyoto-avtalen. Med dette menes det at det kan kjøpes CO₂ kvoter land imellom. Siden CO₂ utslipp bidrar med globale miljøvirkninger, vil dette under dagens forhold være en nyttekostnadsmessig bedre løsning enn ytterligere CO₂-fjerning på Melkøya.

Utslipp av CO₂ til atmosfæren: (Greenpeace [4])

Atmosfæren består av en rekke gasser – de viktigste drivhusgassene er ikke atmosfærens hovedkomponenter nitrogen og oksygen, men vanndamp, karbondioksid, lystgass og metan, i tillegg til edelgasser som argon. De siste gassene kalles drivhusgasser, fordi de har evnen til å slippe gjennom energistrålingen fra solen, men likevel fange opp noe av varmen som jorden stråler ut. På samme måte som en tykkere jakke gjør at man er varmere, vil økende mengde drivhusgasser øke temperaturen i atmosfæren. Den naturlige drivhuseffekten på Jorden er forutsetningen for alt liv, uten drivhusgassene i atmosfæren ville det ha vært om lag 32°C kaldere enn det i virkeligheten er. CO₂ er den minst effektive drivhusgassen per kg, men likevel er gassens bidrag til den globale oppvarmingen størst fordi mengden som slippes ut er mange ganger større enn mengden av de andre drivhusgassene, dersom vi ser bort i fra vanndamp.

En forsterket drivhuseffekt representerer en langsiktig og alvorlig miljøtrussel, som det imidlertid er svært vanskelig å bedømme de fulle konsekvensene av. I følge diverse undersøkelser vil både helse, skog, havområder, ferskvann, fjell og isbreer bli rammet. I tillegg er det fare for mer ekstremt vær.

Menneskelig helse:

Klimaforandringer vil sannsynligvis ha utstrakte og hovedsaklig ugunstige konsekvenser på den menneskelige helse, med betraktelig tap av liv. Modellberegninger antyder at den menneskelige befolkningen som er utsatt for malaria stige fra 45% til 60% innen annen halvdel av neste århundre. Dette vil kunne føre til et øket antall malariatilfelle på mellom 50 og 80 millioner nye tilfelle hvert år. En oppgang av smittsomme sykdommer, som for eksempel salmonella og kolera, vil også kunne skje som følge av økt temperaturnivå og flomaktivitet.

Skog:

Undersøkelser viser at en øking av den globale temperaturen på 1 grad celsius er nok til å forårsake forandringer i det regionale klimaet som vil påvirke veksten og skogens evne til å regenerere seg selv. De største forandringer vil skje i polare områder - de minste i tropene.

Isbreer og fjellområder:

Det er gjort beregninger viser at så mye som mellom en tredjedel og halvparten av alle verdens fjellbreer vil kunne forsvinne i løpet av de neste 100 årene. Den reduserte utstrekningen av isbreer og dybde på snødekke vil også kunne påvirke den sesongmessige fordelingen av vannføring i elver og forsyning av vann til vannkraftverk og jordbruk. Den høydemessige fordelingen av vegetasjon vil flytte seg oppover, og noen arter hvis klimaområde er begrenset til fjelltopper vil kunne bli utryddet fordi migrasjonsområde simpelthen forsvinner.

Havområder:

Klimaforandringer vil kunne føre til forandringer i havnivået, øke det først og fremst, og også føre til forandringer i havsirkulasjonen, den vertikale blandingen, bølgeklimate og reduksjoner i isdekket. Som et resultat vil næringstilgjengelighet, biologisk produktivitet, strukturen og funksjonen på marine økosystemer og lagringskapasiteten av varme og karbon kunne bli påvirket, med store konsekvenser for det globale klimaet.

Ferskvann:

Forandringer i den totale mengden av nedbør og dens frekvens og intensitet, påvirker vannføring i elver og intensiteten i flommer og tørke direkte. Regioner på høye breddegrader vil kunne erfare økt vannføring på grunn av økt nedbør. Og mer intens nedbør vil tendere til å øke sjansen for flom, selv om dette også avhenger av fysiske og biologiske omstendigheter. Tilgjengeligheten og kvaliteten av vannforsyning er allerede et alvorlig problem i mange områder, blant annet lavtliggende kystområder, deltaer og små øystater, noe som gjør disse landene spesielt sårbare for ytterligere reduksjon i tilgjengelig vann.

Golfstrømmen:

Det er ikke gitt at det blir varmere overalt selv om vi får en global oppvarming av atmosfæren. I noen områder kan det blir kaldere. Et eksempel på det er Skandinavia. Årsaken til det henger sammen med havets rolle som regulator av klimaet og hva som skjer med Golfstrømmen. Det enkelte forskere nå er bekymret for, er hva som vil skje dersom klimaet i disse områdene blir varmere og hvordan vil dette påvirke. Dersom det blir varmere, vil is fra Nordpolen smelte og blande seg med vannet Golfstrømmen bringer nordover. Dessuten vil en varmere verden også føre til endringer i nedbørsmønstre. Dette vil medføre at vannet blir mindre salt og, dermed lettere. Dette vil igjen påvirker mekanismen som driver Golfstrømmen fremover bli svekket, noe som igjen vil føre til at mindre varme vil blir brakt nordover fra Ekvator til Skandinavia og det vil kunne bli kaldere.

Det er sannsynlig at klimaforandringer igjen vil medføre andre forandringer som vil bidra til å enten forsterke eller dempe effekten. For eksempel kan smelting av tundraen i Sibir og Alaska føre til frigjøring av store mengder CO₂ og metan, som igjen vil føre til økede mengder drivhusgasser i atmosfæren og igjen mer oppvarming. Et annet eksempel er havet: Evnen til å ta opp CO₂ kan reduseres ved temperaturøking eller

forandrete havstrømmer, noe som igjen vil påvirke regionale og globale vær og klimamønstre. Dette vil gi en forsterkning av drivhuseffekten. Dersom havet varmes opp og det dannes flere skyer i en viss høyde, kan endel av solstrålingen bli reflektert ut i rommet igjen. Dette vil da svekke drivhuseffekten. Det er meget vanskelig å vurdere slike virkninger, fordi de delvis virker sammen og styrker og svekker hverandre.

2.5 Økonomi:

Energianlegget på Melkøya vil koste rundt 2,3 milliarder kroner å bygge. Dette er ikke det billigste alternativet, men det Statoil mener er det mest praktiske. Dette da de kan utnytte den gassen de allerede har, og driftsmessig er de garantert nok strøm i driftsperioden. En annen løsning hadde vært å bygge ut kraftnettet fra Melkøya, over Skaidi til Ofoten. Dette ville ha kostet ca. 1730 mill kroner. De har likevel valgt å forsterke kraftnettet over Skaidi fra 66 MW til 132 MW, noe som vil koste 130 mill. kroner. Dette er ment å være en reserveløsning til gasskraftverket.

De viktigste rammene for utforming av energianlegget er lave investeringskostnader og lave livsløpskostnader. De vil minimere risiko for totalhavari og derpå følgende produksjonstap i LNG-anlegget ved å velge tilpassede reserve-energiløsninger. Energianlegget skal kunne bygges integrert hos leverandør på prosesslekter og fraktes til anlegget, dette er også kostnadsbesparende samt at det gir høy fleksibilitet ved vedlikehold og reparasjon.

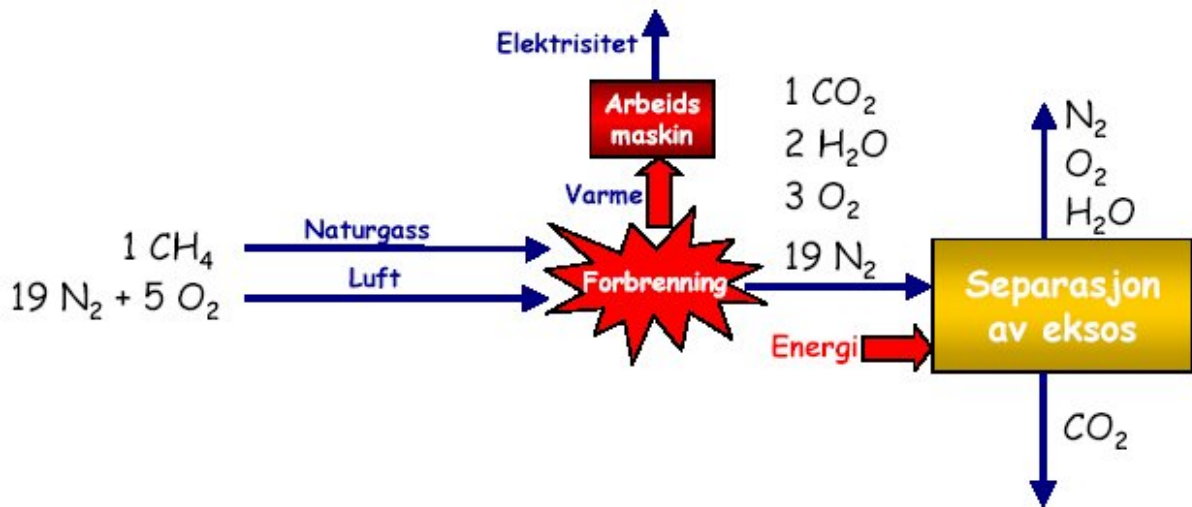
Energianlegget er anslått til å koste ca. 2,3 milliarder kr., hvorav 0,5 milliarder er relatert til den femte gassturbinen (kombikraftverket). I tillegg kommer oppgraderingen mellom Skaidi og Melkøya på ca. 130 millioner kroner.

3. CO₂-fritt gasskraftverk

(Inneholder gradert informasjon)

3.1 Innledning:

Det finnes flere prinsipper for å bygge gasskraftverk uten CO₂ utslipp. En del av disse inneholder teknologi som ligger langt fram i tid, og en del har man såpass liten praktisk erfaring med at de innebærer en høy risiko for å mislykkes. Vi skal i denne delen se på det planlagte pilotprosjektet som går ut på å bygge et CO₂-fritt gasskraftverk i Hammerfest by. Kraftverket er under planlegging av Hammerfest El.verk og deres samarbeidspartnere, og det foregår nå et forstudium for å se om prosjektet er praktisk og økonomisk gjennomførbart. Teknologien som tenkes brukt er kjent teknologi. Gassen forbrennes i et brennkammer, som produserer damp til en dampturbin. Fra eksosen skiller man ut mesteparten av CO₂ innholdet. Ved omgjøring og bruk av spesielt tilpassede turbiner utnytter man så mye av gassens potensielle energi. De vil deretter utnytte sin beliggenhet, like ved Snøhvit LNG-anlegg (Figur 1.0), og sende den utskilte CO₂ tilbake i havbunnen. Dette vil de gjøre i de samme rørledninger som Snøhvit bruker til å sende CO₂ som blir utskilt fra naturgassen i tilbake til havbunnen.



Figur 3.0 (Olav Bolland [1]): Prinsippskisse, CO₂ fjerning fra eksos.

3.2 Arbeidsmetode:

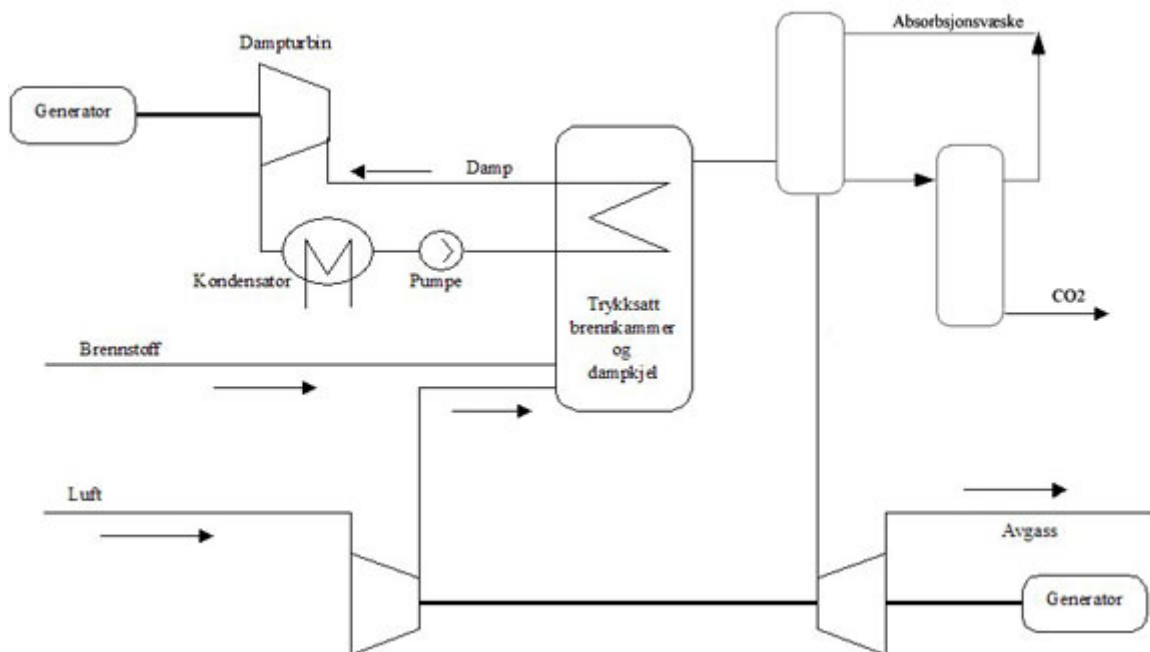
Vi har hovedsakelig brukt internett til samling av informasjon. Det var nettaviser som tipset oss om planene for et CO₂-fritt gasskraftverk i Hammerfest, og som dermed var med på å sette problemstillingen til prosjektet. Vi tok deretter kontakt med Hammerfest El.verk for å få spesifikk kunnskap om deres planer. Dette skjedde pr. telefon, og vi har deretter hatt et møte med Prosjektdirektør Bjørn Blix. Det visste seg raskt at mye av informasjonen de satt på var gradert, og vi vil derfor i denne oppgaven ikke gå for dypt inn i de tekniske løsningene. En del av informasjonen vi fikk ble spesifisert til å være kun for internt bruk, dette pga. patentsøknader og mulig industrispionasje.

På internett har vi også sett etter alternative kunnskapskilder på dette feltet og har brukt publiserte notater fra en av Norges ledende gaseksperter, Professor Olav Bolland ved Institutt for Energi- og prosesssteknikk ved NTNU.

Vi valgte å arbeide på denne måten fordi det finnes store mengder dokumentasjon på internett om dette emnet, bortsett fra Hammerfest El.verks planlagte gasskraftverk. Dermed tok vi tidlig kontakt med El.verket for å finne ut om de var villige til å hjelpe oss med informasjon. Da telefonintervju ikke føltes tilstrekkelig avtalte vi et møte med prosjektdirektør Bjørn Blix for å få bedre innsikt i deres planer. Vi fikk da førstehånds, oppdatert informasjon, men det var vanskelig å finne andre synspunkter på prosjektet da det ennå er i planleggingsfasen.

3.3 Teknologi:

Det planlagte kraftverket skal produsere 90 MW elektrisk kraft og 130 MW varme. Kraftverket skal ta utgangspunkt i kjent teknologi, og er basert på eksisterende kullkraftverk. Teknologien modifiseres til å forbrenne naturgass, og det bygges i tillegg inn en renseprosess for CO₂. Luft komprimeres og antennes sammen med naturgass i et brennkammer. Varmen brukes til å produsere damp som driver dampturbinen. Gassen holdes under høyt trykk og ved lite volum, og man kan i denne tilstanden rense den ved bruk av aminer og skille ut over 90% av CO₂ innholdet. Den rensede forbrenningsgassen driver gassturbinen.

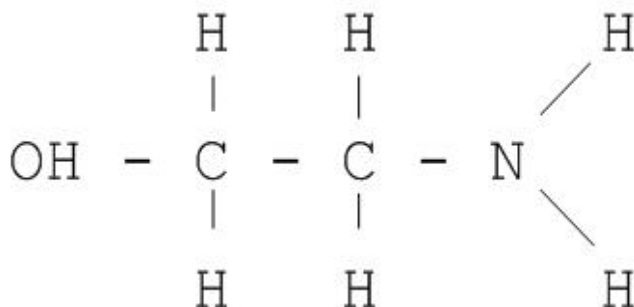


Figur 3.1 (Hammerfest Elverk): Prinsippkisse, CO₂-fritt gasskraftverk.

Anlegget skal ha et renseanlegg for CO₂. Dette gjøres ved at eksosen fra brennkammeret vaskes ved bruk av en CO₂-absorberende væske, som regel et amin. Væsken kjøles ned og føres inn i toppen av et absorpsjonstårn. Eksosgassen føres inn i bunnen, og blandes med aminløsningen som binder opp CO₂. Løsningen føres deretter inn i en tank med

høyere temperatur og lavere trykk for å frigjøre CO₂. På denne måten kan gassen renses 46 ganger mer effektivt enn avgass fra gassturbin. Man kan i teorien fjerne all CO₂, men man har funnet det økonomisk forsvarlig å fjerne kun om lag 90%.

Det kjemikaliet som er mest brukt for å absorbere CO₂ til nå er aminet MEA (monoetanol-amin). MEA er en sterk base, som blir korrosiv når den inneholder CO₂. Dette, i tillegg til at det dannes en del skum i reaksjonen, må tas hensyn til.



Figur 3.2: Monoetanolamin (MEA)

Den utrensede CO₂ ønskes returnert til depot under havbunnen, og det foregår forhandlinger med Statoil for å kunne bruke Snøhvit LNG-anleggs returrørledning.

Denne metoden er den med minst risiko og den som kan gjennomføres tidligst av de vi kjenner til i dag, og Professor Bolland beregner en mulig virkningsgrad på mellom 45% og 51% (Bolland [1]). Til sammenligning beregner han virkningsgraden til et konvensjonelt gasskraftverk uten CO₂ innfangning til 58%.

3.4 Miljøhensyn:

Det slippes altså kun ut en liten mengde CO₂ til atmosfæren fra det planlagte gasskraftverket. Da den norske miljødebatten kun fokuserer på CO₂, er ikke utslipp av andre stoffer prioriterte. Kraftverket vil slippe ut resten av eksosen, som inneholder bla. NO_x, og en liten mengde CO₂ til atmosfæren.

Deponering i havbunnen: (Forskning [3])

Hittil har mindre bruk av fossilt brensel og investeringer i energieffektiv teknologi vært de mest åpenbare løsningene på CO₂-problemet. Men olje-, gass- og kullindustrien håper på å kunne skille ut CO₂-gassen fra eksosen, og lagre gassen på en måte som ikke bidrar til drivhuseffekten. Fremtidens teknikk for å redusere klimagassutslipp er enkel. Siden 1996 har Statoil pumpet over fem millioner tonn CO₂ inn i sandsteinen under Sleipnerfeltet i Nordsjøen. Nye seismiske billedata viser at lagringen har vært meget vellykket

For å lagre CO₂ må den skilles ut fra avgassene fra et kraftverk, smelteverk eller lignende. Deretter må gassen komprimeres og transporteres til lagringsstedet, der den pumpes ned i berggrunnen. Dette må ligge minst 800 meter under havoverflaten for at CO₂ skal holde seg tilnærmet flytende og oppta minst mulig plass. Gassen pumpes der inn i porøse bergarter, for eksempel porøs sandstein. Over denne bergarten må det ligge et dekke av tette bergarter, for eksempel leirskifer, som fungerer som et tak for

deponiet, og hindrer gassen å sive opp til overflaten. I tillegg er det viktig at den geologiske formasjonen ikke er preget av jordskjelvaktivitet, sprekker eller forkastninger. CO₂ i deponiet kan reagere med mineralene i bergarten. For eksempel kan kalsiumoksid, magnesiumoksid og andre oksider reagere med CO₂, og danne kalkstein. Dette vil øke stabiliteten til nærmest uendelig tid.

Men ingen kan si noe sikkert om hvor lenge gassen blir nede i sandsteinsformasjonen, og forskerne kan ikke love evig lagringsplass. Komprimert CO₂ er tettere enn luft, og en lekkasje vil kvele alle levende vesener som kommer i veien

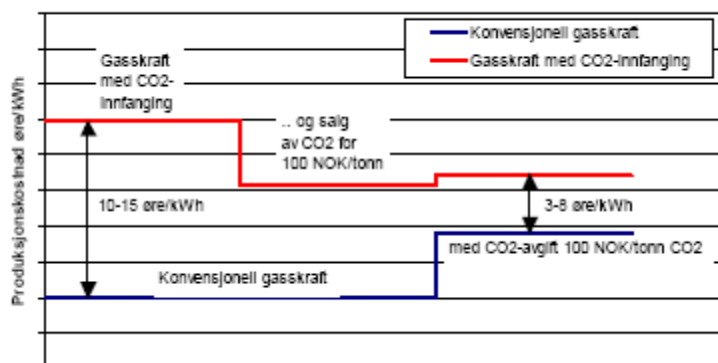
Mesteparten av kapasiteten til å lagre CO₂ befinner seg på norsk sokkel, ute i Nordsjøen og Norskehavet finnes mange geologiske formasjoner som tilfredsstiller de grunnleggende kravene til deponier. Man antar at 500 milliarder tonn kan deponeres i store magasiner med saltholdig grunnvann, og i tomme olje- og gassreservoarer. I teorien er dette nok til å ta unna alle CO₂-utslipp i Europa i mange tiår framover.

Aminer:

Prosessen som skiller ut CO₂ fra eksosen til gasskraftverket vil føre til et forholdsvis stort forbruk av aminer. Dette da ikke alt aminet kan gjenbrukes, noe kan reagere irreversibelt med rester av oksygen i eksosen. Et annet problem er at aminene degraderer ved høye temperaturer. Derfor vil et 90 MW anlegg, som planlegges bygd i Hammerfest, forbruke ca. 500 tonn aminer i året og produsere ca. 1000 tonn slam (Røsjo, 1997). Dette slammet må behandles som spesialavfall, og mest sannsynlig deponeres et sted. Vi stiller spørsmålsteget til om dette kanskje kan skape et lokalt miljøproblem.

3.5 Økonomi:

Kraftverket bygges på en flyter, og kan dermed bygges i et lavkostland og slepes til Hammerfest. Prisen på kraftverket er estimert til 500 mill. NOK. Vi har ikke fått tilgang til et estimat av strømprisen fra dette kraftverket, men den vil naturlig svinge med prisen på naturgass. Det finnes derimot et generelt estimat for ekstrakostnaden en lignende teknikk vil ha i forhold til et konvensjonelt gasskraftverk som professor Bolland ved NTNU har utarbeidet.



Figur 1.3(Bolland [2]): Produksjonskostnad øre/kWh

Han har akkurat som Hammerfest El.verk brukt en rensingsprosent på 90 i beregningene, og ikke 100 da det vil bli uforholdsmessig dyrt. I tillegg er det gjort en del forutsetninger som gjør anslaget noe usikkert, bl.a. at CO₂ skal fraktes vekk i rør til

havbunnen 250 kilometer unna kraftverket. Med disse beregningene har han kommet fram til at det koster 10-15 øre ekstra pr. kilowatt å produsere energi ved rensing av eksosen. Dette høres kanskje ikke så dyrt ut, men når det er antatt at Kårstø/Kollsnes verkene har en produksjonskostnad på 17-18 øre pr kWh så vil de 10 ørene gi en ekstrakostnad på over 50%. Men energi er et produkt på det internasjonale marked, så et norsk CO₂ fritt gasskraftverk vil måtte konkurrere med utenlandske varmekraftverk. Disse er i dag et betydelig rimeligere alternativ. På den andre siden ville lisenshaverne for Sleipner Vest være nødt til å betale én million kroner i døgnet i CO₂-avgift til den norske stat dersom gassen ble sluppet ut i atmosfæren. Ved å sprøyte karbondioksiden inn i sandsteinen betaler de omtrent det samme, samtidig som løsningen karakteriseres som mer miljøvennlig.

Nå går altså Hammerfest El.verk og investorer inn i et pilotprosjekt med CO₂ frie gasskraftverk, og de har tro på at tiden er inne for lønnsomt å produsere kraft på denne måten. De håper å være klar til produksjon i 2005, som er mange år tidligere enn man har trodd dette skulle være mulig. Et tiltak som kan gjøres for å få i gang CO₂ fri energiproduksjon i Europa vil være å ha progressiv skattelegging av CO₂ slik at småforbrukere ikke betaler noe og avgiftene øker etter hvert som utslippene øker. Årsaken til at Europa bør og kan gå sammen for å lage en slik avtale er at Europa har et bra samarbeidsorgan gjennom EU og EØS-avtalen som kan pålegge land til å forholde seg til en avtale ved et eventuelt vedtak. Ved et vedtak om skattelegging vil alle energiprodusenter i Europa stille likt med tanke på avgifter, og da vil norsk CO₂ fritt gasskraftverk og også gjenvinnbar kraft stille mye sterkere i forhold til for eksempel dansk og britisk kullkraft. Inntekter på disse avgiftene kan øremerkes videre forskning eventuelt subsidier til miljøvennlig energi. I Norge er det en slik avgift, og kraftverket på Snøhvit vil være det første kraftverket i Norge som betaler en slik avgift. I stortingsvedtaket om Snøhvit kommer det ikke frem et konkret beløp, men bare at en CO₂ avgift skal betales (Sverre Kojedal). Vi antar at dette beløpet er for lite for å skape denne ønskede effekten, altså få kraftverket til å minimalisere CO₂ utslippet.

I tillegg til avgifter kan man gjøre gasskraft med CO₂ innfangning mer attraktivt ved å skape et produkt. CO₂ har vært sprøytet inn i enkelte oljereservoar for å øke utvinningsprosenten, og her har vi sett at den faktisk har blitt en ressurs. Hvis vi kan utnytte karbondioksiden på en slik måte at den får en verdi så vil et gasskraftverk med CO₂ innfangning få igjen et produkt etter rensing som kan selges. Dette vil jo gi disse kraftverkene et mye bedre utgangspunkt enn hva de i dag har, med CO₂ som et avfallsproblem.

Da det benyttes kjent teknologi, ligger det liten risiko i Hammerfest El.verks prosjekt. Den største usikkerheten ser ut til å være avtalene om naturgassleveranse og CO₂-retur, dette må være på plass før byggestart og innebærer således liten økonomisk risiko.

4. Vurdering

Ved starten av prosjektet hadde gruppa svært begrenset kunnskap om emnet gasskraftverk, og rensing av CO₂. Vi hadde fulgt litt med på både Snøhvit- og gasskraftverkdebatten, og på den måten fått informasjon kun gjennom media. De teknologiske sidene av gasskraftverk og CO₂ rensing hadde vi ingen kunnskap om. Vi hadde altså lite forkunnskaper om emnet, og ingen praksis eller lignende å bygge videre på. Vi har derfor støttet oss til det vi er blitt fortalt, og den informasjon vi selv har funnet på internett, samt biblioteket. Siden oppgaven vender seg mot CO₂ håndtering ved energianlegg i Hammerfest og håndteringen gjelder ny teknologi, er tilgangen til kilder begrenset. Statoil står som hovedkilden til delen om gasskraft med utslipp av CO₂, mens Hammerfest El.verk hovedsakelig står bak delen om gasskraft med rensing og CO₂ deponering.

CO₂-frie gasskraftverk er ansett som mer miljøvennlig enn konvensjonelle gasskraftverk. Konvensjonelle gasskraftverk slipper ut store mengder CO₂ til atmosfæren, og dette er blitt et globalt miljøproblem. Innholdet av CO₂ i atmosfæren har økt med 13% de siste 40 årene, og det er liten tvil om at dette skyldes menneskelig aktivitet (Bellona [5]). Utslipp fra fossile brenslere er en av de største kildene, og dette mener vi det burde gjøres noe med. Denne økningen av drivhusgasser i atmosfæren fører til globale klimaendringer og det er usikkert hva det vil føre til på lang sikt. De CO₂-frie gasskraftverkene vil ikke ha CO₂ utslipp av betydning, de vil likevel stå for en del forurensing men dette er ikke lagt vekt på i debatten. De vil blant annet fortsatt slippe ut en mindre andel NO_x gasser.

Teknologien for CO₂ rensing utvikler seg ikke så raskt som man ønsker, og som man kanskje kunne forvente med tanke på dagens energisituasjon. Vi lurte på hva dette skyldes, og hva som kan gjøres med dette. En del av problematikken med utslipp av CO₂ er at vi ikke bare kan tenke nasjonalt. Den allerede vedtatte Kyoto-avtalen skal hindre økning og kontrollere det globale utslippet. Men skal vi stimulere til utbygging av kraftverk uten CO₂ utslipp mener vi at det er nødvendig med et avgiftssystem på CO₂. Dette avgiftsnivået må være progressiv for å unngå å ramme små bedrifter og enkeltpersoner. Slik vil den bli såpass høy for bedrifter med større utslipp at det lønner seg å produsere CO₂ fri kraft og utvikle ny teknologi.

Etter hvert som de CO₂-frie gasskraftverkene får høyere virkningsgrad og lavere kostnader, vil de bli mer lønnsomme. Men man trenger å tvinge utviklingen i den retningen man ønsker. Men hva er det egentlig vi ønsker i Norge? Har vi gitt opp å produsere helt ren og fornybar energi? Nei, men mange av de enda mer miljøvennlige løsningene på den energikrisen som kan komme til å ramme Norge er nokså urealistiske å gjennomføre i dag. Skal vi for eksempel erstatte et 350 MW gasskraftverk med vindmøller ville det blitt hele 140 stykker av de. Før vi får teknologien til å produsere fornybar energi på en lønnsom måte blir vi nødt til å utnytte de alternativene vi har per i dag. Da kan CO₂ fritt gasskraftverk være en god løsning i påvente av bedre teknologi. I Norge har vi lenge vært velsignet med vannkraft, men behovet for kraft har hele tiden økt. Vi har i de senere årene vært nødt til å importere kraft fra utlandet. Dette synes unødvendig da denne kraften blant annet kommer fra kraftverk hvor noen forsynes med norsk gass. Vi har en enorm ressurs som vi selv kan foredle. Ved en CO₂ avgift i Europa ville Norge stilt veldig sterkt. Vi har mye gass på norsk sokkel, og vi har bedrifter og investorer som har teknologi og interesse for produksjon av energi fra CO₂ fritt

gasskraftverk. Spørsmålet om vi skal få i gang CO₂ fritt gasskraft i Norge er så vel en politisk debatt, som det er et kappløp for ingeniørene etter en CO₂-fri teknologi som er lønnsom.

5. Konklusjon

Er det hensiktsmessig med rensing og deponering av CO₂ fra gasskraftverk i forhold til kostnad og miljø? Det er dyrere å produsere kraft hvor det er brukt teknologi for å rense og deponere CO₂ fra gasskraftverk, enn å slippe det rett ut i atmosfæren. Men skal vi se i forhold til miljø blir vi nødt til å vurdere hvor mye vi er villig å betale for et bedre miljø, i dag og ikke minst i framtiden. Vi har innsett at vi i Norge vil trenge energi før vi får en enda bedre og mer miljøvennlig teknologi enn gasskraftverk med CO₂ innfangning. Derfor mener vi at dette er en fornuftig løsning som ikke vil gå på bekostning av miljøet, men som blir noen kroner dyrere. For å gjøre det mulig å gjennomføre en løsning som i utgangspunktet koster mer, kan man gjøre det dyrere å slippe ut CO₂. Dette kan løses ved å innføre en progressiv CO₂ avgift for bedrifter i alle land. Ved et slikt politisk inngrep vil rensing og deponering av CO₂ fra gasskraftverk bli hensiktsmessig både i forhold til kostnad og miljø.

6. Kildehenvisning

Artikler:

- Røsjø Bjarne, *Mekanisk kjempelunge skal redde klimaet*, Forskning nr. 5 1997

Internetsider:

- [1] Bolland, Olav, Teknologier for CO₂ fjerning
<http://www.tev.ntnu.no/Olav.Bolland/pdf/Teknologier%20for%20CO2-fjerning,%20Langesund,%20Bolland,%203.6.2003.pdf> , 02.10.03
- [2] Bolland, Olav, CO₂ seminar NVE
www.tev.ntnu.no/Olav.Bolland/pdf/CO2_seminar_NVE_may_2002.pdf,
02.10.03
- [3] Forskning, Suksess for Statoils CO₂-lagring i sokkelen
<http://www.forskning.no/Artikler/2002/september/1031835682.76> , 05.10.
- [4] Greenpeace, Klima
<http://www.greenpeace.no/9kampanj/1klima/merom/drivhus.htm>, 08.10.03
- [5] Bellona, Hydrogen – Ren Energi
<http://www.bellona.no/no/energi/hydrogen/20283.html> , 21.10.2003
- [6] Statoil, KU-Energianlegg
[http://www.statoil.com/STATOILCOM/snohvit/svg02699.nsf/Attachments/KU_energianlegg.pdf/\\$FILE/KU_energianlegg.pdf](http://www.statoil.com/STATOILCOM/snohvit/svg02699.nsf/Attachments/KU_energianlegg.pdf/$FILE/KU_energianlegg.pdf) , 23.10.2003
- [7] Statoil, Utslippsøknad
[http://www.statoil.com/STATOILCOM/snohvit/svg02699.nsf/Attachments/Utslippsoknad.pdf/\\$FILE/Utslippsoknad.pdf](http://www.statoil.com/STATOILCOM/snohvit/svg02699.nsf/Attachments/Utslippsoknad.pdf/$FILE/Utslippsoknad.pdf) , 23.10.2003

Kontaktpersoner:

- Sverre Kojedal, informasjonsdirektør for Snøhvitprosjektet, tlf. 91 60 21 90
- Bjørn Blix, prosjektdirektør i Hammerfest El.verk, tlf. 78 42 82 00

Bakgrunnsstoff:

- Norges Geologiske Undersøkelse, Hvor kan CO₂ deponeres i Norge
http://www.ngu.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?bPreview=1&iEntityId=865 05.10.03
- Bellona, Rensing og deponering av CO₂
http://www.bellona.no/no/harde_miljoefakta/industri_og_oljevirkosomhet/12688.html , 05.10.03

Håndtering av CO₂ fra gasskraftverk i Hammerfest

- Oljedirektoratet, Økt oljeutvinning med CO₂-injeksjon
http://www.npd.no/Norsk/Emner/Ressursforvaltning/Ressursregnskap_og_analyse/okt_oljeutvinning.htm. 05.10.03
- Kultur Ministeriet, Drivhuseffekt
<http://www.kum.dk/sw6237.asp> 08.10.03
- Framtiden i våre hender, Kull og grønne skoger 7/01
<http://www.fivh.no/index.php?back=1&artikkelid=543> 08.10.03
- Virkningen av økt drivhuseffekt
http://fuv.hivolda.no/prosjekt/ivartorepedersen/virkningen_av_oekt_drivhuseffekt.htm 08.10.03
- Statoil, Energibrosjyre
[http://www.statoil.com/STATOILCOM/snohvit/svg02699.nsf/Attachments/Energibrosjyre.pdf/\\$FILE/Energibrosjyre.pdf](http://www.statoil.com/STATOILCOM/snohvit/svg02699.nsf/Attachments/Energibrosjyre.pdf/$FILE/Energibrosjyre.pdf) , 23.10.2003