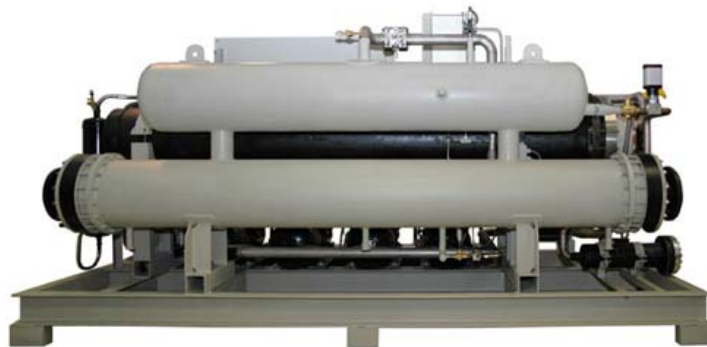


Rapport

Fremtidens RSW anlegg på fiskebåt - CO2 RSW pilot

Forfatter(e)

Tom Ståle Nordtvedt
Yves Ladam



SINTEF Energi AS

Postadresse:
Postboks 4761 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73597200
Telefaks: 73593950energy.research@sintef.no
www.sintef.no/energi
Foretaksregister:
NO 939 350 675 MVA

Rapport

Fremtidens RSW anlegg på fiskebåt - CO2 RSW pilot

EMNEORD:CO₂
RSW
Fiskebåt**VERSJON**

2

DATO

2012-11-02

FORFATTER(E)Tom Ståle Nordtvedt
Yves Ladam**OPPDRAGSGIVER(E)**

FHF

OPPDRAGSGIVERS REF.

900242

PROSJEKTNR

16X892

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

18+ vedlegg

SAMMENDRAG

Sammendrag

I prosjektet har det vært fokus på å spre kunnskap om CO₂ teknologi i norsk kuldebransje og å gjøre norsk industri i stand til å levere kommersielle anlegg med CO₂ som kuldemedium, spesielt tilpasset forholdene på fiskebåter.

Gjennom prosjektet har det blitt bygget og installert et RSW CO₂ anlegg i en kystnotbåt. Dette er det første RSW CO₂ anlegget for båt som er bygget i Norge. Anlegget har blitt testet under realistiske fangstforhold og har vist gode resultater. Omtrent 900 tonn lodde har blitt kjølt, og selv under dårlige værforhold som sterk kuling har anlegget fungert uten driftsproblemer.

Prosjektet og teknologien har vært presentert for kuldebransjen, og interessen for anleggsløsningen var stor. Gjennom prosjektet er det demonstrert og testet hvordan et RSW CO₂ anlegg kan bygges for anvendelse om bord i båt. Teknologien er testet og vil være i vanlig kommersiell drift fremover.

For fiskerinæringen betyr dette at det nå finnes et miljøvennlig alternativ for kjøling av fisk om bord i båt. Dersom flere båter installerer slike anlegg fremover, vil det resultere i lavere miljøbelastning fra den norske fiskeflåten.

UTARBEIDET AV

Tom Ståle Nordtvedt

SIGNATUR**KONTROLLERT AV**

Ingrid Camilla Claussen

SIGNATUR**GODKJENT AV**

Anne Karin Hemmingsen

SIGNATUR**RAPPORTNR**

TR A7261

ISBN

978-82-594-3532-3

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
2	2012-11-02	Revidert sluttrapport

Innholdsfortegnelse

1	Sammendrag	4
2	Summary	4
3	Innledning	5
4	Problemstilling og formål	6
4.1	Effekt mål	6
4.2	Resultat mål	6
5	Prosjektgjennomføring	7
5.1	Fase I: Identifisering av partnere	7
5.2	Fase II: Design	7
5.2.1	Simuleringer	7
5.2.2	Anleggsspesifikasjon	8
5.2.3	Systemløsning	9
5.2.4	Hovedkomponenter	10
5.2.4.1	Lav trykk side: fylt fordampere som RSW kjøler	10
5.2.4.2	Oljereturssystem	11
5.2.4.3	Høytrykkside: kondensator (gasskjøler)	11
5.2.4.4	Sugegassvarmeveksler	12
5.2.4.5	Stempelkompressor	12
5.2.5	Kontroll strategi	13
5.3	Fase III: Driftserfaringer	13
5.4	Forkjøling av tankene	13
5.5	Kjøling av fangst	14
6	Oppnådde resultater, konklusjon	16
7	Leveranser	17
8	Kvalitetssikring av prosjektgjennomføring og resultater	18

1 Sammendrag

Norge er en av verdens største sjømateksportører og en betydelig andel av sjømaten fangstes med båt. For å bevare kvaliteten på fisken er det viktig å få senket temperaturen raskt. I dag gjøres dette enten ved ising eller mekanisk kjølt sjøvann (RSW). Dagens kjøling medfører bruk av miljøbelastende kuldemedier som R22, samtidig som teknologien er energikrevende. Fiskerinæringen ønsket av den grunn et prosjekt hvor man skulle undersøke alternative kuldemedier for kjøling av fisk på båt.

Gjennom møter med FHF Faggruppe fiskeriteknologi ble det definert et prosjekt med formål å *spre kunnskap om CO₂ teknologi i norsk kuldebransje og gjøre norsk industri i stand til å levere kommersielle anlegg med CO₂ som kuldemedium, spesielt tilpasset forholdene på fiskebåt.*

Resultatene fra prosjektet er utvikling, bygging og testing av et RSW CO₂ anlegg installert i en kystnotbåt (Båragutt MS). Dette er det første RSW CO₂ anlegget for båt som har blitt bygget i Norge. I prosjektet har anlegget blitt testet under realistiske fangstforhold og vist gode resultater. Omtrent 900 tonn lodde har blitt kjølt med anlegget. Selv under dårlige værforhold som sterk kuling fungerte anlegget godt og uten driftsproblemer.

Prosjektet og teknologien har vært presentert for kuldebransjen under Norsk Kjøleteknisk Møte i Bodø i mars 2012. Interessen for den valgte anleggsløsningen var stor.

Prosjektet har demonstrert og testet hvordan et RSW CO₂ anlegg kan bygges for anvendelse om bord i båt. Den installerte prototypen vil være i vanlig drift fremover.

For fiskerinæringen betyr dette at det nå finnes et miljøvennlig alternativ for kjøling av fisk ombord i båt. Dersom flere båter installerer slike anlegg fremover vil det resultere i lavere miljøbelastning fra den norske fiskeflåten.

2 Summary

This project was about increasing awareness concerning CO₂ technology and enabling Norwegian industry to propose commercial maritime RSW plant using CO₂ as working fluid. During this project a RSW CO₂ plant was designed, built and installed on a fishing boat. This is the first plant of this kind. The plant was tested in real conditions and showed good results. Approximately 900 tons of capelin was cooled, the plant operated without problem even in heavy sea. The project and its results were presented to Norwegian refrigeration community, which expressed a clear interest.

With this project the CO₂ RSW technology for fishing vessels is demonstrated and is now commercially available. For the Fishing industry, this is an environmental friendly alternative for cooling of fish. The deployment of the technology on the Norwegian float will reduce its environmental footprint.

3 Innledning

Miljøbelastningen og prisen på dagens kjølemedier gjorde at FHF ønsket å se på alternative kjølemedier for fiskebåter. Dagens alternativ med naturlige kjølemedier i fiskebåt er NH_3 kuldeanlegg og CO_2 - NH_3 kaskade kuldeanlegg. I kaskadeanlegg blir CO_2 brukt på buntrinnet og NH_3 på topptrinnet.

FHF Faggruppe fiskeriteknologi ønsket sammen med SINTEF Energi å utvikle et alternativ til NH_3 , siden NH_3 har strenge sikkerhetsforskrifter grunnet sterk lukt, giftighet og brennbarhet. Dette er bakgrunnen for å utvikle RSW systemer der man kun bruker CO_2 som kuldemedium. CO_2 har i relaterte applikasjoner, slik som butikkjøleanlegg, vist seg å gi betydelige energi- og miljøgevinster.

Det ble opprettet en styringsgruppe fra FHF med tre representanter fra næringen. Styringsgruppens rolle var å forsikre at prosjektet var forankret i næringens faktiske behov. Prosjektets fremdrift ble delt i tre faser; 1) Opprettelse av partnergruppe, 2) Design, og 3) Testing av prototyp. Fremdriften i prosjektet ble grundig diskutert med styringsgruppen i slutten av hver fase. SINTEF Energi var prosjektleder for forskning og utviklingsdelen av prosjektet.

4 Problemstilling og formål

4.1 Effektmål

Kjøling av fangst er en kritisk funksjon på fiskebåter og står for betydelige kostnader og miljøpåkjenninger. Den CO₂ baserte teknologien som er demonstrert i dette prosjekt har følgende fordeler;

1. Miljøvennlig teknologi
 - CO₂ er et miljøvennlig arbeidsmedium. Det påvirker verken ozonlaget eller drivhuseffekten.
2. Forbedret sikkerhet
 - CO₂ er ikke giftig. Det er da ingen risiko ved tap av kuldemedium hvis lekkasjer skulle oppstå.
 - CO₂ er ikke brennbar. Det er en viktig faktor i en maritim anvendelse.
3. Økonomisk gunstig
 - CO₂ anlegget installert er betydelig mindre enn dagens anlegg. Det frigir areal på båten som kan brukes til inntektsgivende funksjoner.
 - CO₂ er et meget billig arbeidsmedium.
 - CO₂ anlegg er litt dyrere i investering, men etterhvert som flere anlegg leveres vil kostnadene gå ned.

4.2 Resultatmål

Ved prosjektavslutning har man et fungerende CO₂ RSW anlegg ombord i en fiskebåt. Fra dette anlegget har man høstet erfaringer om design og drift av slike anlegg. Kuldetekniske bedrifter i Norge er nå i stand til å levere CO₂ RSW anlegg for fiskebåter. Rapportene i prosjektet er:

1. Design rapport: SINTEF rapport TRF6885 "*CO₂ RSW pilotanlegg, fase en*".
2. Rapport fra testfasen: Inkludert i denne rapporten.

5 Prosjektgjennomføring

5.1 Fase I: Identifisering av partnere

Målet i denne fasen var å samle de nødvendige partnere for å kunne bygge og teste en pilot RSW anlegg basert på CO₂ som kuldemedium. Disse var;

- En kulde-entreprenør, ansvarlig for bygging og vedlikehold av piloten. Bedriften måtte ha en reell interesse for CO₂ teknologi og ambisjoner om å utvikle kompetanse. Bedriften burde også ha en målsetning om å bli CO₂ teknologileverandør til den norske fiskeflåten.
- En bedrift innen fiskeindustrien som var villig til å kjøpe et CO₂ RSW anlegg for sin virksomhet. Opprinnelig var denne bedriften tenkt landbasert. Det ville gi enklere driftsforhold for testing av anlegget. I tillegg ville det være mulig å få støtte fra ENOVA.

Flere potensielle partnere ble kontaktet. Prosjektets styringsgruppe bestemte at kulde-entreprenøren som skulle være med var Kuldeteknisk AS. Kuldeteknisk AS er en interessant bedrift med lang erfaring i bruk av CO₂ teknologi i butikker, og de har store ambisjoner for fiskeindustrien.

Teknologikonseptet var av interesse i fiskeindustrien, men utfordringen var å finansiere merkostnadene som oppstår ved bygging av en prototyp sammenliknet med standard anlegg. Alternative finansieringskilder ble identifisert og vurdert. For detaljer fra fase I av prosjektet henvises det til SINTEF rapport TRF6885 "*CO₂ RSW pilotanlegg, fase en*".

5.2 Fase II: Design

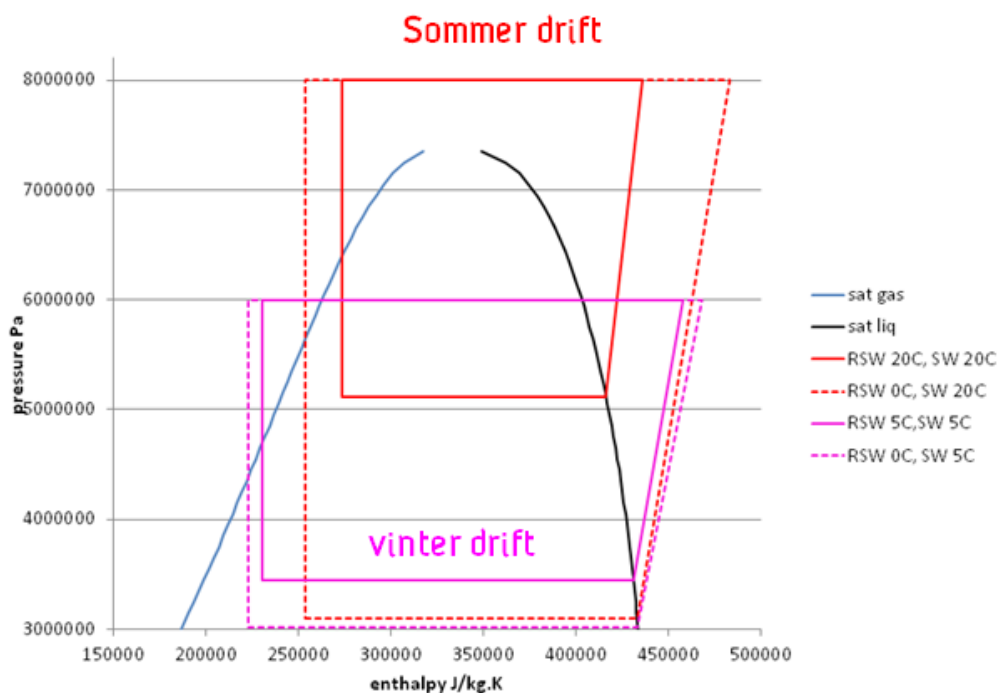
Etter fase I viste det seg at ingen av de landbaserte anleggene ble aktuelle. Imidlertid kom det opp et alternativ med en ringnotbåt. Styringsgruppen bifalte dette, og ringnotbåten Båragutt MS ble tatt inn som partner i prosjektet. Fase II kunne starte og man gikk i gang med design av anlegget.

5.2.1 Simuleringer

Hovedkomponentene i anlegget ble først dimensjonert separat. RSW anlegg driftes mye av tiden utenom design punkt (20 °C sjø, 0 °C vann i RSW tank). En systemmodell ble modellert vha. SINTEF sitt eget verktøy, CSIM, for å studere samspillet mellom alle komponentene. Dette var viktig ettersom RSW anlegget skulle kunne fungere med ulike tank- og sjøtemperaturer. Flere løsninger for varmevekslere (fordamper og gasskjøler) ble simulert.

Resultatene er oppsummert i Figur 1. En kan legge merke til at fordampningstrykket mellom vinter og sommerdrift varierer mye. Det betyr at kjølekapasiteten varierer mye. Dette er et viktig poeng ettersom

resten av systemet må kunne håndtere en betydelig større kuldemediemassestrøm enn ved design punkt (-5 °C fordampningstemperatur). Alternativt må kompressorkapasitet reguleres med tilsvarende tap av ytelse.



Figur 1 Simuleringer av typiske driftsforhold for anlegget, presentert i trykk/entalpi diagram.

For sommerdrift er sjøtemperatur (SW) valgt til 20 °C. Verdier for start ved RSW tanktemperatur på 20 °C og nedkjølingsslutt ved RSW tanktemperatur lik 0 °C er presentert i Figur 1. For vinterdrift er sjøtemperatur valgt til 5 °C. Verdier for start ved RSW tanktemperatur lik 5 °C og nedkjølingsslutt ved RSW tanktemperatur lik 0 °C er presentert.

5.2.2 Anleggsspesifikasjon

Ut fra resultatene i design og simuleringfasen samt diskusjon med driftspersonell på Båragutt AS, ble det bestemt at anlegget skulle dimensjoneres etter følgende spesifikasjon; 250kW ytelse for nedkjøling av sjøvann fra 0 °C til -1 °C ved fordampings temperatur på -5 °C og 20 °C som dimensjonerende sjøtemperatur.

Båten har 6 kjøletanker (480 m³) som ble betjent av et R22 anlegg. Det nye CO₂ anlegget skulle betjene 3 av 6 tanker i parallell med det gamle anlegget.

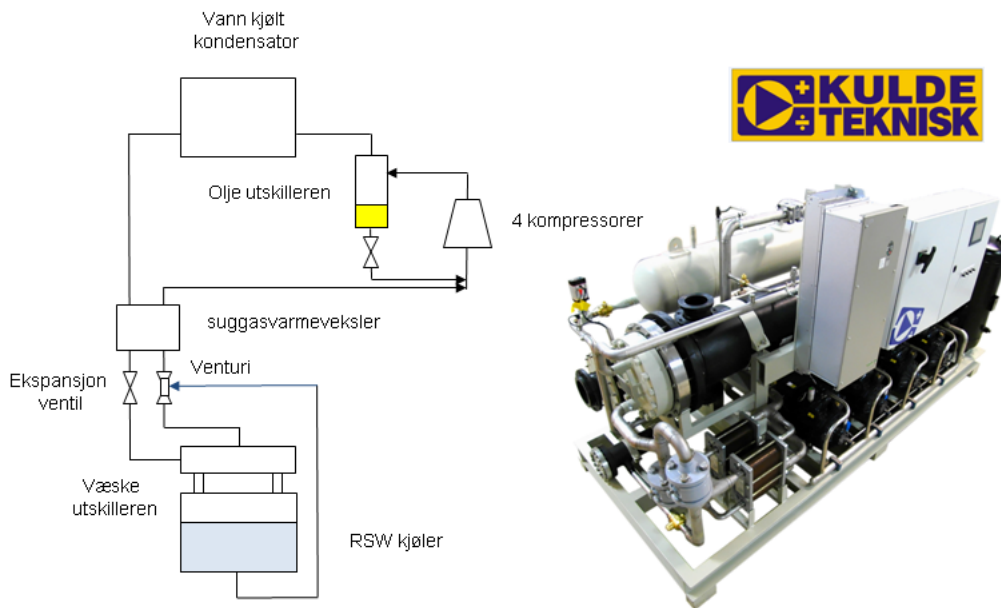
5.2.3 Systemløsning

Ett RSW anlegg har i utgangspunktet en enkel oppbygging. To varmevekslere; en fordampner hvor sjøvann fra tankene blir nedkjølt mot fordampede lavtrykks kjølemedium, og en kondensator hvor høytrykks kjølemedium blir nedkjølt med sjøvann pumpet fra sjøen.

Figur 2 viser valgt løsning for RSW anlegget. Anlegget består av;

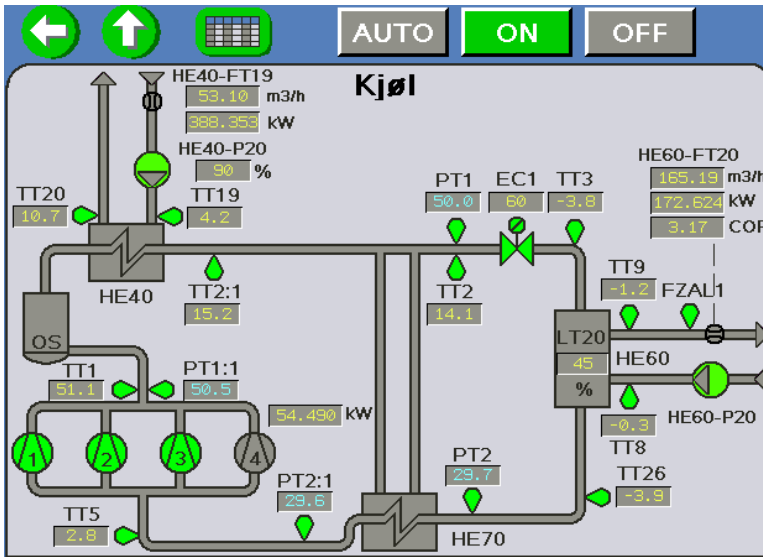
- fylt fordampner med innebygd væskeutskiller øverst og vannstrøm på rørside
- kondensator med CO₂ på rørside
- 4 stempel kompressorer
- sugegassvarmeveksler
- elektronisk ekspansjons ventil

Oljeretur sikres med en venturi-dyse som suger oljerik flytende CO₂ fra fordampner inn på sugesiden av kompressorene.



Figur 2 Prinsippkisse og bilde av RSW anlegget

Anlegget ble instrumentert med trykk- og temperatursensorer. Energiforbruk til kompressorene ble også målt. Anlegget ble kontrollert med en touch skjerm og ble fulgt via en fjern PC med WEB Gate (se Figur 3). Måledata ble lagret i en database og var tilgjengelig for prosjektet.



Figur 3 Touch skjerm til fjernkontroll av anlegget

5.2.4 Hovedkomponenter

5.2.4.1 Lav trykk side: fylt fordamer som RSW kjøler

Fylt fordamer er en standard løsning på markedet. CO₂ etter ekspansjon blir sendt på yttersiden av rørene i en rørkjelvarveksler. Sjøvann fra tankene strømmer på innsiden av rørene. I utgangspunktet passer denne løsningen godt for CO₂. CO₂ har svært god varmeovergangstall og lav overflatespenning som gjør at små bobler kan dannes med relativ liten temperaturforskjell mellom vann og CO₂. Men det er flere utfordringer, spesielt ved høy sjøvannstemperatur, hvor det er en viss risiko for overkoking der væskedråper rives med og transporteres med gassen til kompressorens sugeside. Det ble valgt en fylt fordamer som RSW kjøler. Det ble videre brukt korrugerte titanrør, noe som øker varmeovergangstallet på vann-siden med en faktor 2 (fra leverandør). Figur 4 viser bilde av RSW kjøler med væskeutskiller på topp.



Figur 4 Bilde av RSW kjøler med væskeutskiller på topp

5.2.4.2 Oljeretursystem

Oljeretur sikres ved å bruke CO₂-løselig olje. Etter hvert som CO₂ kokes av i fordamperen vil oljekonsentrasjon stige. Noe CO₂ væske og olje tas ut av fordamper fra bunnen. CO₂ kokes av og olje blir sendt til oljereservoar. Eventuell flytende CO₂ som følger med olje ut av fordamper bidrar ikke til kjøling i fordamper. Tap av ytelse på grunn av oljeretursystem ble estimert til ca. 3 %, se Tabell 1.

Tabell 1 beregning av tap på grunn av oljeretur system

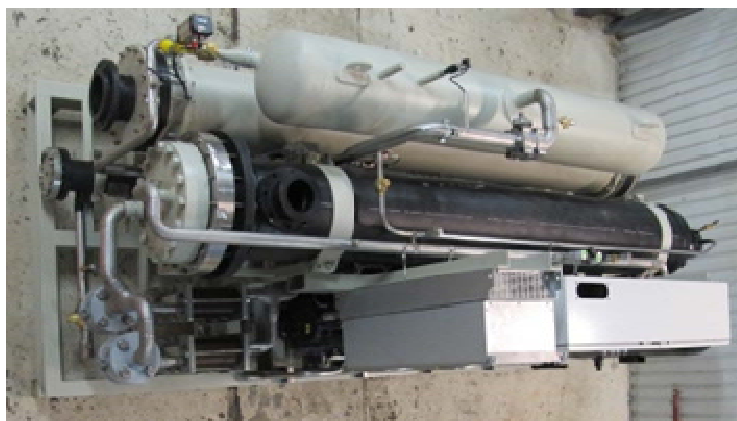
CO2 massestrøm	1.6 kg/s	
oljekonsentrasjon etter oljeutskilleren	100 ppm	0.01 %
konsentrasjon i fordamper	0.5 %	
fordamper temperatur	-5 C	
olje massestrøm inn fordamper	0.00016 kg/s	
CO2 oljeretur ut	0.032 kg/s	
tap av kjøleytelse	7.85 kW	3.14 %

5.2.4.3 Høytrykkside: kondensator (gasskjøler)

Varmen som blir tatt opp i CO₂ må avgis på høytrykksiden. To utfordringer må da håndteres i samme varmeveksler:

- CO₂ siden vil medføre høy trykk klasse (120 bar)
- Sjøvann er korrosivt og materialer som tåler sjøvann (titan) er dyrt.

Standard løsning for kondensator på RSW anlegg er å ha kjølemediet på utsiden av rørene i rørkjelvarmeveksler. Det har flere fordeler, blant annet enkel drenering av kondensert væske ut av kondensatoren. For CO₂ kan designet være utfordrende. Når sjøvannstemperaturen er høy (20 °C) må CO₂ anlegget operere transkritisk (kompressorens utløpstemperatur/trykk blir høyere enn kritisk verdi). Det er nødvendig med relativ stor massefluks (300-500 kg/s·m²) for å oppnå god varmeovergang. En løsning er å ha mange skilleplater for å øke CO₂ hastigheten. Dette kan være kostbart på grunn av mye mekanisk arbeid ved framstilling. I tillegg blir en høytrykksmantel tung og kostbar.



Figur 5 bilde av anlegget sett fra toppen med svart plastmantlet gasskjøler

Det ble derfor valgt en løsning med CO₂ i korrugerte titan rør. Det blir enklere å få høy hastighet på CO₂ siden og varmeovergangen er god. Drenering av væske kan være en utfordring, men laboratorieforsøk viste problemfri drift. Med dette systemet er høytrykket begrenset til rørene, og mantel kan være av lav trykkklasse laget av billig plastmateriale. Figur 5 viser bilde av anlegget sett fra toppen.

5.2.4.4 Sugegassvarmeveksler

Det ble installert en sugegassvarmeveksler som vist i Figur 6 for å varmeveksle væske ut av gasskjøleren med gass fra RSW-kjøleren (fordamperen). Dette ble gjort for å fordampe eventuelle gjenværende dråper før kompressorene. Det ble valgt en platevarmeveksler, men på grunn av stort trykktap måtte det installeres to varmevekslere i parallell.



Figur 6 Bilde av sugegassvarmeveksler

5.2.4.5 Stempelkompressor

CO₂ stempelkompressorer er en veletablert teknologi. I motsetning til skruekompressorer er det enkelt å regulere høytrykkssiden ved varierende sugetrykk uten særlig tap i virkningsgrad. Kompressorleverandøren Dorin har utviklet en ny generasjon semi-hermetiske kompressorer, *CD serie*, med opp til 27 m³/h ved 50 Hz. En fremtidig opsjon vil kunne være å kjøre disse kompressorene mellom 30 og 70 Hz. Da vil anlegget klare seg med 3 kompressorer. Antall kompressorer gir muligheter for effektiv kapasitetsstyring hvor en kompressor er frekvensstyrt mellom 30 og 60 Hz. Dorin bidro til prosjektet ved å gi et veldig gunstig pristilbud, og det ble derfor valgt å installere 4 kompressorer hvor den siste er tenkt som reserve. Figur 7 viser bilde av kompressorene.



Figur 7 Bilde av kompressorer

5.2.5 Kontroll strategi

Anlegget ble levert med følgende automatikk;

- Under vinter-drift (subkritisk) sørger en Danfoss elektronisk ekspansjonsventil for 1 °C underkjøling før ekspansjon.
- Kondensatorpumpa kan kjøres med konstant turtall eller styre høytrykksiden. For vinterdrift, er trykket satt til 50 bar. Dette trykket sikrer nok varme i sugegassvarmeveksler for å få 5 °C overheting før kompressorene.
- Kompressorene er kapasitetsregulert ved on/off for tre kompressorer og frekvensstyring for den siste. Dette begrenser fordampningstemperaturen til -5 °C og sjøvannstemperatur ut av RSW kjøler til -1.5 °C for å unngå frysing.

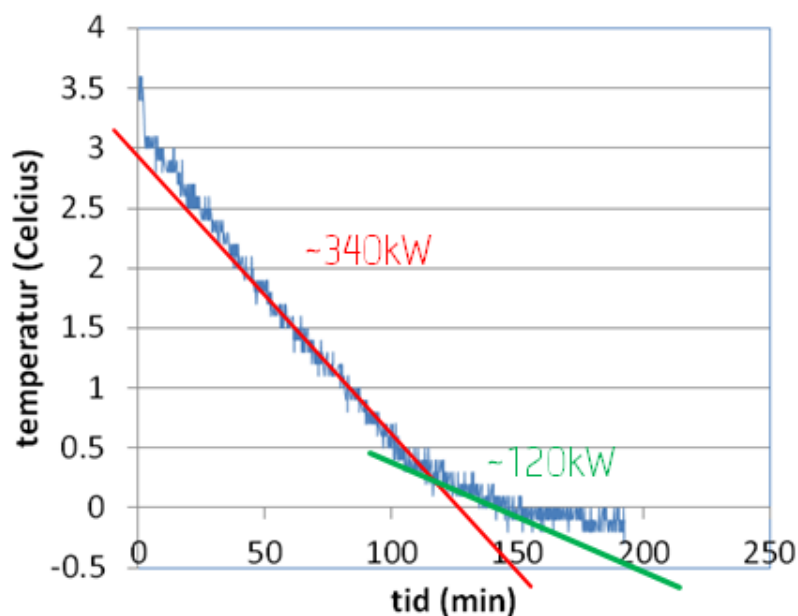
5.3 Fase III: Driftserfaringer

Anlegget ble montert sammen første gang høsten 2011. Trykktesting viste store lekkasjer på RSW kjøleren. Den ble sendt tilbake til leverandør for reparasjon. Anlegget ble montert sammen andre gang i februar 2012. En test ble kjørt, men en pakning (O-ring) på gasskjøler ble ødelagt. Det viste seg O-ringen var feil dimensjonert. Den ble byttet og båten var klar for jomfruturen: loddefiske utenfor Kvaløya, Troms. Totalt ble omtrent 900 tonn lodde kjølt vha. anlegget.

5.4 Forkjøling av tankene

Vanlig prosedyre er å kjøle ned en viss mengde vann i tanken før fisken tas om bord. CO₂ anlegget ble brukt til å kjøle to tanker med vann (2x 94m³).

Figur 8 presenterer nedkjølingen av de to tankene. Figuren viser at ytelsen ved 0 °C i tankene er betydelig lavere enn 250 kW. Dette kan forklares med at sirkulasjon av sjøvann gjennom RSW kjøleren er kraftig redusert når bare to tanker kjøles. Redusert vannhastighet gir redusert varmeovergang og lavere fordampningstemperatur. Fordampningstemperaturen skal ikke være lavere enn -5 °C for å unngå frysing i rørene. Når tanktemperaturen nærmer seg 0 °C og fordampningstemperaturen går mot -5 °C må kapasiteten (antall kompressorer) reguleres ned.

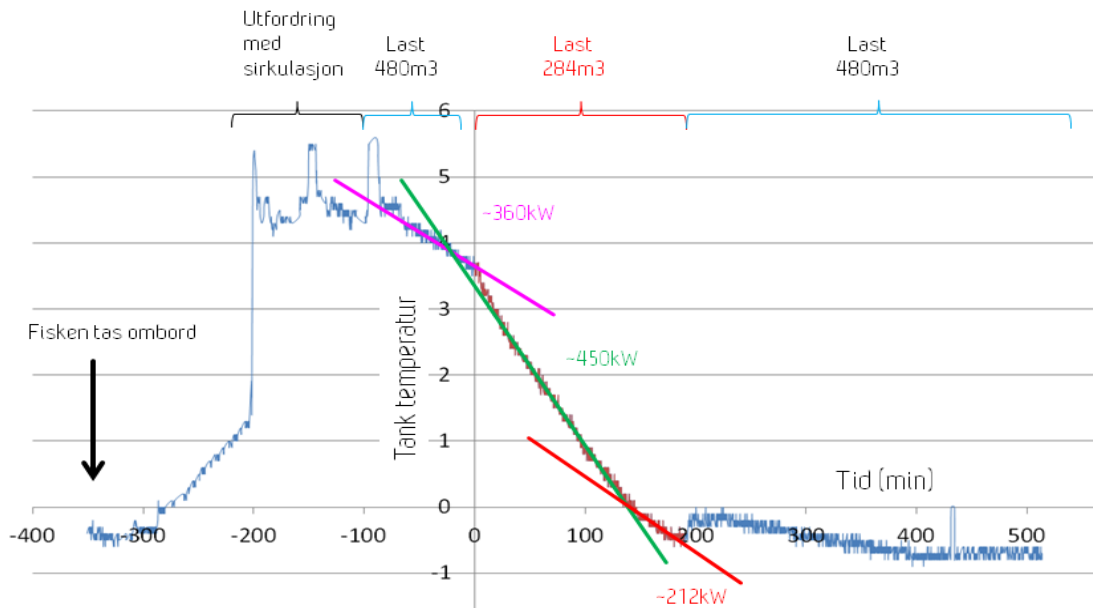


Figur 8 Nedkjøling av to tanker før fangsten tas om bord. Figuren viser tanktemperatur som funksjon av tid.

5.5 Kjøling av fangst

300 tonn lodde ble tatt i først kast. Nedkjøling av første fangst er presentert i Figur 9. Etter hvert som fangsten ble tatt ombord økte temperatur i de forkjølte tankene. Når hele fangsten var om bord ble RSW sirkulasjon startet. Dette viste seg å være utfordrende, da lodde er en liten fisk som lett tetter sugeåpningene. Det tok over 100 minutter å etablere en god og stabil sirkulasjon i tankene.

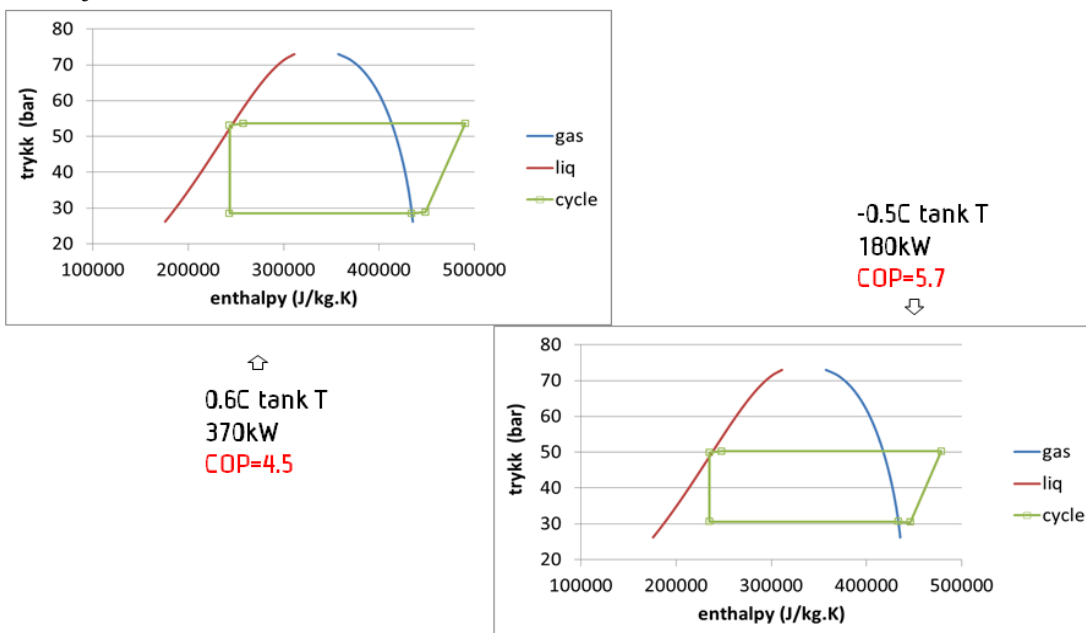
Til å starte med var alle tanker (480 m³) kjølt med CO₂ anlegget. Ytelsen ble estimert til 360 kW. Da båten fikk beskjed at mottaksanlegget var klart, ble R22 anlegg startet og CO₂ anlegget betjente bare 3 tanker, 284 m³ tanker til sammen. I første del av nedkjølingen driftet 3 kompressorer anlegget pluss den fjerde kompressoren ved redusert frekvens (30 Hz). Ytelsen ble estimert til 450 kW (kun for CO₂ anlegget). Den økte ytelsen sammenliknet med nedkjøling av alle tankene er ikke forstått og kan komme fra endring av mengde vann som ble sirkulert. Like før tanktemperaturen krysset 0 °C og fordampingstemperaturen nærmet seg -5 °C, ble kapasiteten regulert ned. Da tankene var kjølt ned til -0,5 °C ble R22-anlegget stoppet og alle tankene betjent av CO₂ anlegget alene.



Figur 9 Nedkjøling av først fangst: 300 tonn lodde. Figuren viser tanktemperatur som funksjon av tid. Oppgitt ytelse er kun for CO₂ anlegg.

Anlegget var instrumentert med trykk og temperatursensorer, samt målere av energiforbruk til kompressorene. Figur 10 viser trykk/entalpi diagrammer ved tanktemperatur på 0,6 °C og -0,5 °C. Effektfaktoren til anlegget var god, rundt 5. Effektfaktoren ved 0,6 °C i tanken var litt lavere fordi alle 4 kompressorer var i drift og anlegget var egentlig dimensjonert for 3 kompressorer, samt at kondensatorpumpen ikke klarer å regulere til 50 bar kondenseringstrykk.

For tanktemperatur på 0 °C ble ytelsen estimert til 270 kW. Dette er litt bedre enn det anlegget faktisk var dimensjonert for.



Figur 10 Trykk/entalpi diagram for CO₂ anlegget. Data for +0,6 og -0,5 °C tanktemperatur er presentert.

6 Oppnådde resultater, konklusjon

Ett RSW CO₂ anlegg i en kystnotbåt (Båragutt MS) har blitt bygget og testet. Opprinnelig var målet å drifte anlegget på land, men da det ble anledning å teste anlegget direkte i båt ble det besluttet å gå for det. Hittil har omtrent 900 tonn lodde blitt kjølt ned med anlegget med svært god drifts ytelse. Selv under dårlige værforhold og sterk kuling fungerte anlegget uten driftsproblemer.

Rederiet bak båten er godt fornøyd. Teknologien ble presenterte på Norsk Kjøleteknisk møte i Bodø (mars 2012), og det var stor interesse for løsningen.

Sommersesongen, med høye sjøvannstemperaturer, vil gi nye utfordringer ettersom varmt sjøvann vil tvinge kondenseringstrykket opp. Sommerdrift vil bli dokumentert i FHF prosjektet 900690 *Driftsdata fra RSW- og kombianlegg basert på NH₃ og CO₂*. Anleggets effektivitet vil også bli sammenliknet med moderne ammoniakk RSW anlegg.

Flere potensielle kunder har meldt sin interesse for teknologien, men ettersom teknologien er ny er det fortsatt knyttet økonomisk risiko til teknologien. I tillegg er anlegget litt for kostbart med dagens design. Det må gjøres en systematisk kostnadsreduksjon før teknologien kan virkelig ta av. I løpet av dette prosjekt er det etablert en gruppe med motiverte leverandører.

For næringen er fangstkjøling en kritisk funksjon på fiskebåter og står for betydelige utgifter og miljøpåkjenninger. Den CO₂ baserte teknologien som er testet og dokumentert i prosjektet vil kunne bidra til mindre miljøpåkjenninger fra fiskerinæringen. CO₂ er et miljøvennlig arbeidsmedium som hverken påvirker ozonlaget eller drivhuseffekten.

Resultatene fra prosjektet bidrar til FHF sin visjon om bærekraftig og lønnsom sjømatnæring i vekst ved å utvikle ny energieffektiv og miljøvennlig teknologi for kjøling av fangst om bord. Økonomisk vil denne type anlegg være gunstig gjennom mindre plassforbruk som vil frigi areal på båten som kan brukes til inntektsgivende funksjoner. CO₂ er også et meget billig arbeidsmedium sammenlignet med andre kuldemedier. Det er heller ikke giftig og vil kunne forbedret sikkerhet om bord samt at det ikke vil kontaminere fangsten ved en eventuell lekkasje.

7 Leveranser

Leveranseplanen i prosjektet var en rapport fra plan og design fasen. Dette er rapportert i SINTEF rapport TRF6885 "*CO₂ RSW pilotanlegg, fase en*". Det skulle også leveres en rapport fra uttesting av teknologien. Det er gjennomført i denne rapporten.

Prosjektet og resultater har vært publisert flere ganger i løpet av prosjektet:

- Nor Fishing 2009, fakta ark, "*RSW pilotanlegg med CO₂ som kuldemedium*".
- Astrid Falch Gilberg, master NTNU 2011 (beste student 2011 av "Energi og miljø" kullet), "*Utvikling av CO₂ RSW- anlegg om bord på fiskebåt*".
- Presentasjon i ICR IIR konferansen, Praha 2010, "*Improving energy efficiency of CO₂ RSW system for fishing vessels*".
- Presentasjon på Norsk kjøleteknisk møtet, Bodø mars 2012, "*250 kW RSW CO₂ ombord på fiskefartøy*". Det ble invitert å skrive et innlegg for fag bladet Kulde fra prosjektet.

8 Kvalitetssikring av prosjektgjennomføring og resultater

Prosjektets kvalitetssikring er basert på SINTEF konsernets kvalitetssikringssystem som beskrevet i SINTEF konsernets styringssystem.

I forhold til fremdrift har styringskomiteen vurdert framdrift og innhold av leveransene i hver av de tre fasene prosjektet har vært igjennom.

Kvalitetssikring av prosjektet har vært gjennomført av seniorforsker Tom Ståle Nordtvedt. Kvalitetssikring av denne sluttrapporten har vært gjennomført av forskningsleder Ingrid Camilla Claussen.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no