

Faglig sluttrapport

Utvikling av system for optimal utblødning og kjøling av råstoff om bord i kystfiskefartøy.

11.07.2023



RSW anlegg montert om bord sjarken Skrovnefisk

Et samarbeidsprosjekt mellom:

PTG Kuldeteknisk AS, Lerøy Norwayseafoods AS og Skrovnesfisk AS

Forfatter: Kim André Gabrielsen

Sammendrag

Nedkjøling av fiskefangsten i den minste kystflåten er i dag veldig arbeidskrevende å få til og i mange tilfeller sikres ikke god nok kvalitet. En stor andel av fiskerne i flåtegruppen prosjektet har tatt for seg, mener det er tilstrekkelig å kun benytte seg av sjøvann som kjølemedium i de kalde månedene og bruker ikke is. Selv i de kaldeste periodene av året kan sjø-temperaturen ligge på opp mot 6-9°C, noe som tilsier at det ikke vil være mulig å kjøle fisken tilstrekkelig ned, men kanskje heller varme den opp. Regelverket krever at fisken kjøles ned til 0-2°C (veiledende) så snart som mulig. For deler av det som fangstes kan det gå så mye som 1 døgn før dette skjer. En slik praksis vil medføre en kortere holdbarhet på fisken til forbruker på rundt 3 døgn, i tillegg til at spaltningsutfordringer fremkommer tidligere, noe som utfordrer videre prosessering.

Prosjektet Utvikling av system for optimal utblødning og kjøling av råstoff om bord i kystfiskefartøy har sett på mulige løsninger for å løse denne problemstillingen og mener den beste løsningen for denne flåtegruppen er å benytte et lite RSW- anlegg som ikke krever stort areal og som både kjøler ned fangsten hurtig samt gjør det mulig å ut-blø fisken samtidig som nedkjølingen av fisken starter.

HMS og brukervennlighet er hensyntatt i prosjektet samt at det har vært fokus på at systemet skal være enkelt å rengjøre og vedlikeholde.

Et lite og kompakt RSW- anlegg kan benyttes for å løse oppgaven, systemet vil gi en rask og riktig nedkjøling av fiskefangsten samtidig som fisken kan blø godt ut både i kar oppe på dekk eller i kontainerne i fiskerommet. Systemet vil også støtte bærekraftsmålene ved å øke verdien og holdbarheten på fisken samt at det vil være mer lønnsomt å utføre ferdigvare produksjon på produksjonsanlegget som tar imot fisken, ved bedre utbytte og kvalitet.

Innhold

Sammendrag.....	2
Innledning.....	4
Prosjektets omfang	4
Prosjektorganisering	5
Problemstilling og formål	6
Resultatmål.....	6
Prosjektgjennomføring.....	7
Prosjektets fremgangsmåte.	7
Systembeskrivelse.....	7
Slurry is.	7
RSW.....	7
Sikre videre kjølekjede.....	7
Test TVN og Sensorisk.	8
Resultater, diskusjon og konklusjon	10
Resultatet fra spørreundersøkelse.....	10
Kost-nytte analyse	10
Økonomi.....	11
Systemberegning	12
Beskrivelse	12
Simulering	13
Prototype	14
Beskrivelse	14
Testing i verksted	17
Prototype installert i båt.....	18
Resultat etter de første sjøvær.....	18
Distribusjonssystem.....	19
TVN Test.....	20
Hovedfunn.....	23
Leveranser	23
Referanser	23

Innledning

I en verdikjede for fiskeprodukter er fiskerens metode for fangst og fangsthåndtering gjerne de første trinnene i prosessen frem mot et ferdig produkt som forbrukeren kan kjøpe i en forretning. Det settes strenge krav til produsenter i alle trinn i verdikjeden for å ivareta produktets kvalitet i størst mulig grad gjennom alle prosesser frem til konsument. I denne sammenheng er kontroll på og styring av temperatur i produktet et avgjørende parameter. Når man skal sette en holdbarhetsdato på et ferskt produkt er for eksempel en ubrutt kjølekjede en forutsetning for holdbarheten. Prosessene som til slutt gjør produktet uspiselig starter i det øyeblikket fisken avlives, og faktisk starter kvalitetsforringelsen allerede når fisken går i redskapen. Dagens håndtering av fangsten om bord på små fiskefartøy er veldig arbeidskrevende og sikrer ikke optimal kvalitet. Det settes gjerne et kar med is på kaikanten hvor fiskeren kan forsyne seg med is ved å benytte skuffel og håndmakt. Når fiskeren da er på vei ut på havet, starter gjerne fyllingen av sjøvann i containerne som blander seg med isen. Her er problemet at det meste av isen vil flyte øverst i containerne og etter hvert som de fylles med fisk, renner isen over og havner på dørken uten å ha særlig stor effekt. Men det største problemet er likevel at en stor andel av fiskerne bruker sjøvann alene som kjølemedium.

Dermed er håndtering av fisken i fiskeri prosessene avgjørende for videre opprettholdelse av kvalitet og dermed produktverdi, nærmest uavhengig av hvilket produkt fisken skal ende opp som. Kvalitetsforringelsen som oppstår i fangstøyeblikket og videre frem til fisken landes på en kjøpestasjon/fiskemottak er ikke reversibel og er på den måten en verdi forringelse. I forhold til bærekrafts prinsipper er det helt nødvendig å starte kvalitetsbevarende tiltak så tidlig som mulig i verdikjeden slik at man unngår sløsing. I denne sammenheng ser dette prosjektet på temperatur utfordringer om bord på mindre fartøy, og hvordan man kan sikre tidlig nedkjøling av fangsten og samtidig ivareta andre viktige prosessstrinn om bord uten at det medfører betydelig merarbeid, og/eller blir uholdbart kostnadskrevende.

Prosjektets omfang

Prosjektet ønsket å utvikle et konsept basert på kulde produksjon om bord i båten:

Først utblødning på dekk, med skylling i kaldt vann eller is-slurry, det er dokumentert at 3min er nok (Tobiassen m.fl. 2018), men vi vil også se på effekten av utblødning direkte i container med kontinuerlig tilførsel av nedkjølt vann.

Deretter nedkjøling av fisk i kar under dekk, vi ønsker å fjerne mest mulig blodvann fra containerne så hurtig som mulig.

Nedkjøling av fisken skulle sikres ved å ha den i kaldt vann eller is-slurry.

I bløggekar på dekk vil det ikke bli noe resirkulering ettersom vannet blir for skittent, samt at dette vannet vil ikke ha den store energioverføringen grunnet 3-5 min utblødning. Det blir ikke den store kulde- effekten da brorsdelen av nedkjøling vil skjer i kar under dekk.

For vannet i kar under dekk derimot ville det kreve unødvendig stor effekt og energi forbruk å bare sende kaldt vann inn i kar og kaste kaldt overløpsvann i havet. Vi ville vurdere to system løsninger, Mini RSW og system for produksjon av is sørpe. Vi ønsker strenge krav til kuldeanlegg i fiskefartøy og ønsket derfor at anlegget skulle være kompakt og robust.

Energi forsyning er en utfordring, ikke alle båter har nok 230V eller 400V med nok effekt. Vi ville derfor undersøke mulighet til drive kuldeanlegget hydraulisk i tillegg til å se på elektrisk aggregat.

Kombinasjon med hydraulisk drevet motor krever bruk av åpen kompressor, noe som ikke passer til CO2 eller hydrokarbon, men ammoniakk (minifylling) og HFO er aktuelt.

Prosjektorganisering

PTG Kuldeteknisk AS har vært avtalepartner med FHF og hovedansvarlig for utførelsen av prosjektet og produksjon av utstyret. Prosjektleder har vært Kim André Gabielsen. Kontaktperson i FHF har vært Roar Pedersen. Prosjektets andre medlemmer har vært:

Yves Ladam, PTG Kuldeteknisk AS.

Jens Einar B. Johnsen, Skrovnesfisk AS.

Ørjan Nergaard, Lerøy Norway seafoods AS (Gikk ut av prosjektet underveis).

Roy Martin Martinsen, Lerøy Norway seafoods AS (overtok etter ØN).

Referansegruppen bestod av Roar Pedersen fra FHF og Roy Martin Martinsen.

Problemstilling og formål

Prosjektets overordnede målsetning er å utvikle og utrede en god systemløsning for nedkjøling og utblødning av fiskefangsten til den minste fiskeflåten.

Som en del av hovedmålsetningen skal det også gjøres en test for å se på forskjell mellom fisk som er hurtig nedkjølt i fiskebåten med valgte system opp mot fisk der det kun er benyttet sjøvann.

Følgende delmål for oppnåelse av prosjektets overordnede mål:

1) vår løsning vil forenkle arbeidet til fiskerne.

Fiskeren slipper å ta med seg is på havet ettersom anlegget som produserer kjøling er installert i båten. Fiskeren vil med dette systemet slippe arbeidet med skufing av is både på kai og om bord i båten (noe som gir HMS gevinst!)

2) vår løsning vil øke betydelig fangst kvalitet

Fangsten vil bli effektivt nedkjølt. Bedre kvalitet gir vesentlig bedre pris. Eksempelvis har det vært sett på god versus dårlig kvalitet på hysa ved filetering på et av Lerøy sine anlegg. Forskjellen i utbytte var på 3%, men hovedforskjellen lå i forskjell på høyverdi produkter (loinsandel), der det var 55% på god kvalitet og 12% på dårlig.

Resultatmål

Vi ønsker å utvikle og installere et system som sørger for optimal utblødning og kjøling av fisk om bord i kystfiskefartøy.

Systemet skal ha en tilstrekkelig kapasitet slik at 2 tonn fisk kjøles ned til 4°C på mindre enn 60 min etter ombordtaking og ned til 0°C i løpet av 2,5 timer. Vi kan forvente at fisk som er fanget på en dybde rundt 40 favn vil ligge på en ganske stabil temperatur på rundt 4°C uten store svingninger gjennom det meste av året uavhengig av temperaturen i sjøen oppe i overflaten.

- Løsningen skal være minst mulig plasskrevende.
- Systemet skal være enkelt å rengjøre og vedlikeholde.
- Systemet skal være miljøvennlig og energi effektive
- Det tas hensyn til HMS og brukervennlighet.
- Systemet er totalt sett en nyutvikling.
- I løpet av prosjektet blir det bygget en full skala prototype installert på båt med kommersiell virksomhet
- Systemet vil ha komplett dokumentasjon slik at det er klargjort til produksjon
- Resultat blir dokumentert i slutt- rapport.

Følgende faglige leveranser har inngått i prosjektet:

- Referat referansegruppemøter.
- Statusrapport etter endte faser.
- Sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer
- Faktaark
- Presentasjon som kan brukes på fiskerifaglige konferanser.
- Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer.

Prosjektgjennomføring

Prosjektets fremgangsmåte.

- I første fase, vil vi kartlegge den mindre fartøy flåten med fokus på plass/ tilgjengelighet, tilgang til energi for å drive kuldeanlegget, kuldeeffekt behov. Vi vil spesielt besøke de fiskerne som er partnerne våre i prosjektet.

- I andre fase blir to løsninger undersøkt teoretisk: resirkulering av kaldt vann eller produksjon av slurry-is. Hoved komponenter blir dimensjonerte og driftsfordel versus kost blir analysert. Det vil med bakgrunn av denne analysen tatt en beslutning om hvilken type anlegg vi vil gå for videre i prosjektet.

- Fase tre: En komplett prototyp blir prosjektert og bygget. Analyse vil vise om et kommersielt RSW-anlegg kan bli bestilt i sin helhet fra Canada eller om den må bygges fra bunnen, hvis det er RSW vi velger å gå videre med. Skulle vi velge å gå for et is-slurry anlegg, har Kuldeteknisk en type anlegg de ønsker å se nærmere på om kan tilpasses kystflåten.

- Fase fire: Prototypene installeres på båt, der det blir mulig å bruke noen containere på vanlig måte ved bruk av is og noen containere med valgt system, på denne måten får vi få utført fysiske tester av forskjellen på temperatur og kvalitet av fisken ved tradisjonell versus RSW/Slurry-is.

I en siste del av fase fire vil vi også dokumentere effekten av ubrutt kjølekjede, dette vil vi benytte LNWS sitt kvalitetssystem til. De vil ta bakterielle og sensoriske tester for å sjekke holdbarheten.

Utstyret skal være av slik utforming at det blir et "plug & play»-system i fiskebåten. Det skal ikke være behov for komplisert installering og ved behov for service/feilretting, skal det være enkelt for fiskeren å plugge fra systemet og sende inn for reparasjon.

Systembeskrivelse

Slurry is.

Dette systemet produserer flakeis av sjøvann som blandes med sjø i væskeform slik at det blir en delvis flytende masse. For at systemet skal være enkelt å bruke i båt, er det tenkt at det skal benyttes et rørsystem som skal frakte slurryisen ut til containerne som står nede i lasterommet. For å spare mest mulig energi, blir det batchet en gitt mengde i hver container (for eksempel 1/3 av containeren), til slutt, etter at det er fylt fisk i den enkelte container, er det tenkt at det batches slurry også på toppen av containeren. For utjevning av energiforbruket over tid, blir vi å se på muligheten for å benytte landstrøm over natt og på denne måten igjennom natten, fylle litt slurry i hver container.

RSW.

Med dette systemet kjøler vi ned sjøvann til ca. $-0,5^{\circ}\text{C}$. Det nedkjølte sjøvannet fraktes gjennom rør ned til containerne i båtens frakterom. Her er tanken at fisken også kan blø ut i containerne istedenfor på dekk. Etter hvert som containerne fylles med fisk, vil sjøvann renne over kanten og ned på dørken. Fra dette sjøvannet ønsker vi å se på muligheten for å utnytte energien til det sjøvannet vi pumper inn, ved å veksle innløpsvann med utløpsvann. Resultatet ved å gjøre det slik tror vi vil være en stor reduksjon av energibehovet.

Sikre videre kjølekjede

For at kvaliteten skal bli optimal, og for at vi skal kunne fastsette en dokumentert holdbarhet på fisken ute i butikk til forbruker, ser vi behovet for en ubrutt kjølekjede fra fisken tas om bord i fiskebåten til den er i butikk.

For å sikre at kjølekjeden ikke blir brutt når råstoffet kommer inn i mottakssystemet, har Lerøy Norway Seafoods AS kjøpt et RSW anlegg som skal installeres på deres mottaksanlegg i Båtsfjord. Dette RSW anlegget skal sørge for kjølt vann i alle prosessene fra råstoffet leveres fra fartøy til den pakkes hel eller prosesseres i filetfabrikken. LNWS er i en prosess hvor de ønsker å etablere kjøling på alt prosessvann i alle anlegg på sikt. Resultatene fra dette prosjektet vil påvirke denne prosessen.

Proessen er som følger:

Råstoff kommer til mottaks berge fra fartøy.

Råstoff kjøles eller holdes kjølt inntil det går på band via kvalitetsvurdering og veiing til ev sløyning.

Sløyd fisk skylles i kjølt vann og går via grader til pakkestasjon og has i kar eller pakkes i Isopor. Fisken ises etter kundespesifikasjon i forhold til produkt. Emballasjen merkes i henhold til lov/kundekrav. Herunder temperaturkrav 0-2°C.

Emballert fisk settes på kjølerom i påvente av transport eller produksjon.

Emballert fisk settes på godkjent kjøretøy med kjøling og fraktes direkte til de ulike markeder.

Det er viktig å merke seg at alle fiskeprodukter som har krav til holdbarhetsmerking på en eller annen måte, skal ha en dokumentert holdbarhet. All holdbarhetsberegning forutsetter en rekke parametere. NOFIMA har dokumentert at enhver økning av temperatur over 0 grader, påvirker holdbarheten forholdsmessig negativt (Tobiassen m.fl. 2018).

Test TVN og Sensorisk.

TVN testen viser totalt flyktig nitrogen som gir oss en indikator på forråtnelses prosessen i fiskekjøttet.

Formel til TVN (N=0,1)

$$\text{mgTVBN}/100\text{g} = \frac{(T - B) * 14,007 * 100}{\text{Prøvens vekt (g)}}$$

Umiddelbart etter at fisken som benyttes i testen er kommet inn i båten, settes det temperaturloggere i fisken.

Testen tar for seg fisk som er nedkjølt i RSW og fisk som ikke er nedkjølt men oppbevart i container med sjøvann.

Fisken leveres på fiskemottaket om morgenen etter at fisken er fanget.

All fisk fra begge kategorier blir behandlet likt fra den kommer opp fra båten til testen avsluttes.

Fisken sløyes, kjøles ned, pakkes og settes inn på kjølelager.

Det utføres sensorisk test og TVN test som utføres dag 1 (snarest etter pakking og lagring) – dag 4 – dag 8 – dag 11 og dag 14 (eller til fisken har en TVN verdi 25.)

Det benyttes 3 fisker av hver kategori for hver test dag, totalt 6 stk. pr test dag.

3 stk. fisk som landes kjølt, pakkes i isoporkasse med is pr test dag, totalt 5 kasser a 3 stk. fisk.

Merkes med dato, nummer og «RSW»

3 stk. fisk som landes ikke kjølt, pakkes i isoporkasse med is pr test dag, totalt 5 kasser a 3 stk. fisk. Merkes med dato, nummer og «ikke RSW»

Fisk med temperatur logger kjøles og lagres i isoporkasse i hele holdbarhetsstudien. Merkes med dato, nummer og «LOGGERE»

ALLE KASSER merkes med et unikt nummer for sporing.

Resultater, diskusjon og konklusjon

Resultatet fra spørreundersøkelse

Snittstørrelsen på båtene som deltok i spørreundersøkelsen var 11 meter, de fleste av fartøyene benyttet seg av 12v eller 24v som strømkilde, men 20% av de spurte hadde også tilgang til 220v. Alle de spurte båtene hadde hydraulikk i fartøyene, men det var unnlattende tilbakemelding på ledig kapasitet.

Av de spurte, rodde 78% med garn, 16,5% med lina og 5,5 med snurrevad. 28% av de spurte rodde også med juksa i andre deler av året.

Alle båtene benytter seg av containere på havet hvor det var ca. 50/50 fordeling på om fisken fikk bløt ut i containerne eller om de blødde ut i utblødningskar på dekk. 72% kuttet fisken over kverken for ut-blødning mens 22% brukte ett snitts metoden (stikker kniven inn mellom gjellene uten å skjære over kverken), resterende benyttet seg av to-snitts metoden.

Når det kom til nedkjøling av fisken, var det bare 28% av de spurte som benyttet seg av is blandet med sjø som kjølemetode, resterende mente at det var tilstrekkelig å benytte seg med sjø alene. Det var overraskende at det var så mange som ikke benyttet seg av is da vi vet at sjøen oppe i overflaten selv på vinteren kan ligge på opp mot 8°C, men dette underbygget også de antakelser vi hadde før prosjektet startet.

Kost-nytte analyse

Prosjektet vurderte systemene slurry vs. RSW opp mot hverandre og kom frem til at det var flere ting som gjorde at vi til slutt valgte RSW. RSW er mindre i bygning enn det et slurry anlegg er, noe som er av vesentlig betydning i de mindre kystbåtene som allerede i dag sliter med plass. I tillegg til at selve systemet er større, er det vanskelig å bløt ut fisken i containere ved bruk av slurry anlegg, fiskeren må dermed ha et utblødningskar på dekk, noe som igjen krever mere dekksplass enn hva et RSW anlegg vil gjøre. Ved bruk av RSW anlegg, kan fisken bløt ut i containerne. Distribusjon av kjølevæsken/is-slurrien var også et viktig spørsmål. Ved bruk av RSW vil dette være relativt enkelt ettersom det er i flytende form, ved bruk av slurry, er dette i delvis fast form og kan forårsake tetting av rør i større grad enn RSW.

Prototypen vil få en prislapp på rundt 500.000, - men PTG mener at denne prisen sannsynlig vil reduseres når det kommer for salg i større kvantum.

Lerøy har gjort en vurdering av hvor stor verdiøkning et slikt anlegg vil gi på kiloprisen på fisken og konkluderte med følgende:

I utgangspunktet er det et krav fra myndighetene at råstoffet skal kjøles snarest etter avlivning, dersom fartøyet ikke kan kjøle, skal fisken leveres snarest mulig. (se under)

For båter som skal oppbevare fisken mer enn 24 timer påhviler ansvar om nedkjøling.

For kjøper(mottaksanlegg) påhviler ansvar for så raskt som mulig å kjøle fisken ned. Det er brukt termer som så raskt som mulig, hvilket åpner for en viss tolkning, og ikke en fastsatt tidsramme. Imidlertid er det vår utfordring å sørge for at fisken holder forventet kvalitet til våre kunder i henhold til holdbarhetsberegninger som har satt holdbarhetsgrensene våre.

Forutsigbarhet rundt kunnskap om x antall timer siden avlivning, lagret ved x grader, vil bidra til å kunne beregne grad av forringelse. Vi vet også at lav temp (-1 til +2 grader) hemmer enzymatiske endringer og bakteriologisk vekst. Det er et viktig parameter i forhold til rigor mortis prosessen som igjen påvirker restholdbarheten. Konsistens påvirkes også av temperatur, og særlig på åte fylt fisk er bløt konsistens og spalting en utfordring.

Holdbarhet er et nøkkelparameter i forhold til ferskfisk/ferske produkter. Vi beregner holdbarhet etter en gitt temperatur, hvilket blir kommunisert ut til kunder etc. Div forskning har avdekket utfordringer rundt temperaturendringer/ for høy temperatur i forhold til holdbarhet, og andre utfordringer som drypptap og smak/lukt opplevelse knyttet til dette.

Valg av produkt er også styrt av flere parametere som styres av temperatur. For de best betalte helfisk produktene (for eksempel skrei) er det klare temperaturgrenser, og det er også viktig at fisken håndteres på en måte som sikrer at fisken beholder sitt utseende. Skinnet endres fort (får merker) av ulike former for påvirkning, som ferskvann, is etc. Derfor må for eksempel skrei pakkes uten is over produktet.

Økonomi

Det er ikke enkelt å beregne verdien av riktig kvalitet (her ref temp) på råstoff i kroner og øre, men vi kan si at vi har noe lavere energiforbruk, vi vil raskere kunne sette råstoffet i produksjon og dermed sikre en fornuftig flow, og opprettholde en forutsigbarhet i produksjons planleggingen. I dag forutsetter vi ved kjøp at råstoffet er kjølt, men det er langt ifra alltid det er kjølt. Dette er og påvirket av sesongvariasjoner. En forholdsvis stor andel av våre reklamasjonskostnader har sin rotårsak i dårlig temperaturstyring/manglende nedkjøling. Så teoretisk vil det kunne være mulig å sette en pris på en forutsigbarhet med riktig kjølt råstoff, men det vil være like riktig å si at en fisker ikke kan forvente at vi kjøper fremtidig fangst dersom den ikke tilfredsstiller kravene som kommer fra myndigheter, kunder og dermed Lerøy/produsent.

En estimert verdi vil derfor kunne være satt samme på følgende måte:

Bedre produksjonsflyt	1,50 kr/kg (timer)
Lavere drypptap	0,30 kr/kg (råvarepris 30kr/kg)
Lavere energiforbruk	0,01 kr/kg (strøm)
Lavere reklamasjonskostnad	0,15 kr/kg (reklamasjoner pga. ferskhet etc.)
Høyere finvareandel	10,00 kr/kg (10% mer skrei/høyverdi filet)

Estimert bedret verdioppgnåelse kan dermed anslås å være ca. 12 kr/kg. Men dette vil selvsagt svinge med sesonger og marked. Den viktigste verdien vil kanskje være å kunne være foretrukket leverandør til de mest kresne kunder/best betalende kunder, noe som er vanskelig å sette en pris på.



Figur 2: Kost nytte resultat. Søylene viser prosentvis i hvilken retning anleggene scorer, der det ikke er søyler scorer begge anlegg likt.

Systemberegning

Beskrivelse

Etter at Yves Ladam fra PTG hadde gjort de teoretiske beregningene for systemet, ble det besluttet å gjøre en simulering ved å benytte RSW anlegget som Lerøy har installert på fabrikken i Båtsfjord.

Testen ble tatt på følgende måte av prosjektleder:

Containeren hadde en jevn flow (21,8 l/min) med nedkjølt RSW vann som ble ledet inn fra bunnen av containeren.

Fisk ble lagt ned i containeren over 15 min fra start av forsøket til containeren var fylt.

Det ble målt temp av vannet inn og ut av containeren samt at det ble målt temperaturen i fisken. På fisken ble det målt på fiskene som ble lagt inn etter 0, 5, og 10 min.

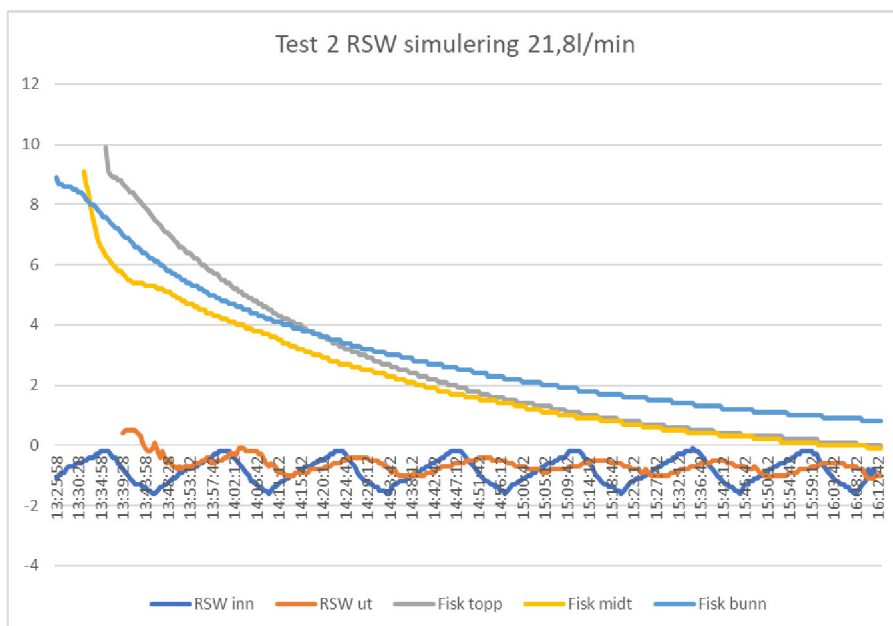
Testen gikk veldig bra, det ble bruk et skap med fem temperaturloggere koblet til en datamaskin.

Start temperaturen i de fiskene som ble benyttet i forsøket var 8,9°C på den i bunnen, 9,1°C på den i midten og 9,2°C på den som ble liggende på toppen.



Bilde 1: Tatt under testen

Simulering



Figur1: testresultat

Fisken som lå i bunnen og hadde en starttemperatur på 8,9°C, nådde 4°C etter 46 minutter. Fisken som lå i midten og hadde en starttemperatur på 9,1°C, brukte 31 minutter og fisken som lå i øvre lag med en starttemperatur på 9,2°C brukte 38 minutter.

Videre ned til 0°C brukte fisken på toppen 1 time og 55 minutter, den i midten brukte 1 time og 57 minutter, mens fisken i bunn bare ble 0,8°C da jeg måtte avslutte forsøket og hadde da ligget i 2 timer og 1 minutt fra den hadde nådd 4°C.

Det overrasket litt at fisken i bunnen brukte lengre tid enn de to andre fiskene på å komme ned i temperatur da jeg var veldig nøye med plassering av temperatur proben og det er kjent at varme stiger og det da burde være kaldest i bunnen av containeren. Jeg funderer litt på om dette kan komme av at karet stod helt stille og RSW-vannet mest sannsynlig fant en fast strøm mellom fisken og dermed gjorde at fisken i bunn kanskje fikk lite gjennomstrømning forbi seg og på en måte ble i en "bakevje". Dette problemet mener vi derimot aldri blir å oppstå i en båt, da det selv i "havblikk-vær" vil være en del bevegelse i tilknytning til manøvrering og liknende, på denne måten får RSW-vannet blandet seg mer.

Testen ble kjørt med en flow på 21,8L/min, men vi er ganske trygge på at vi kunne ha redusert dette betraktelig ettersom kuldetapet på RSW-vannet fra det kom inn til det gikk ut var veldig lavt. Snitt temperaturen på RSW-vann inn var -0,85°C og RSW-vann ut var -0,65°C. Samtidig er det viktig å påpeke at RSW-strømmen vil synke etter hvert som flere og flere containere fylles med vann.

Ettersom resultatene fra testen var såpass gode, ble det besluttet at prototypen skulle bygges uten generator for å veksle innløpsvannet med utløpsvannet slik at vi kunne fokusere mer på selve anlegget og heller utforske dette i en senere fase av prosjektet hvis det skulle vise seg å være nødvendig.

Prototype

Beskrivelse

Prototypen er bygget i PTG Kuldeteknisk sitt verksted i Tromsø. Det ble brukt omfattende tid til å velge komponenter med fokus på kostnader og kvalitet.

Ettersom vi i dette prosjektet også skulle se på hydrolikk anlegget i båten som energikilde til systemet og at et slik system ville kreve åpen kompressor, så vi at dette ikke ville passe med CO2 eller hydrokarbon og vurderte at det var ammoniakk eller HFO som var aktuelt. Kuldemedium som ble valgt er R450a.

Fordamperen er en spiral veksler laget i syrefast rustfritt stål og er en veldig kompakt veksler. Korrosjon unngås ved å ha en automatisk drenering av veksleren når anlegget stoppes samt et det er benyttet en offer anode i zink. Benyttelse av en slik veksler er innovativt og skal nøye følges opp med tanke på hvordan den fungerer i praksis.

Kondensator er en helt standard Bitzer CUNi veksler. Teknologien er kjent og utprøvd.

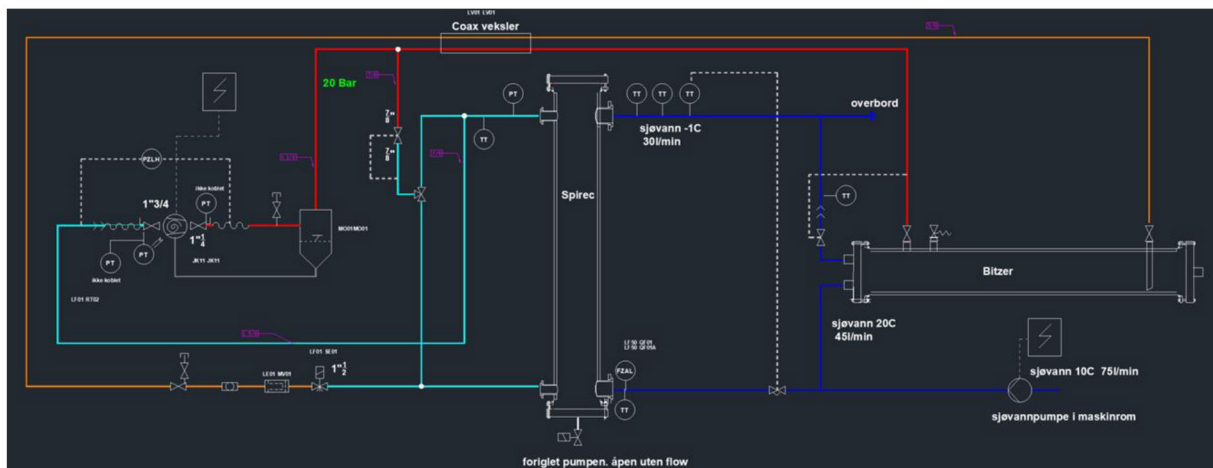
Kompressoren er en 400V AC Copeland scroll kompressor som skal være spesielt robust og tilpasset de drifts forhold vi ser for oss. Det blir installert et eget diesel aggregat som leverer 400V, for å drifte hele systemet, dette plasseres i maskin rommet på båten.

Alle komponenter er montert på en rustfritt ramme, med rustfritt deksel, men Sjøvanns pumpen monteres i maskin rommet. For å distribuere det nedkjølte sjøvannet, blir det montert plast rør.

For styring av selve kuldeanlegget, har vi valgt å gå for standard Danfoss styring, frekvens omformer til kompressor og sjøvann pumpe, samt fordamper regulator. Dette valget ble gjort for å forenkle

bruken av anlegget og med tanke på muligheten for at flere blir i stand til å utføre service disse anlegg rund omkring på mindre lokalsamfunn med begrensede muligheter. Styreskapet er i utgangspunktet tenkt montert i maskinrommet, men dette må sees nærmere på ved selve monteringen i båt.

Styring av vann distribusjon er basert på en Wago PLC som også blir brukt til å registre historisk data for temperatur inn og ut av containerne. Tavlen blir montert på dekk (rustfri tavle med IP67 kontrollskjerm).



Figur 3: P&ID av system oppsett.



Bilde 2: Selve RSW- anlegg i rigg.



Bilde 3: Beskrivelser av komponenter og mål.

Bilde

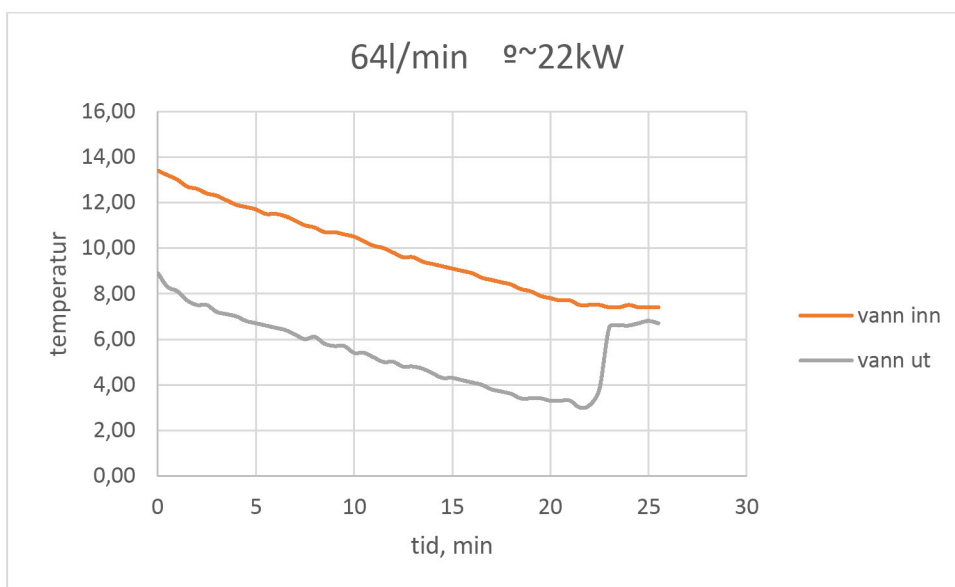


Bilde

Bilde 4: Beskrivelse av komponenter.

Testing i verksted

Anlegget ble kjørt i gang ved å benytte ferskvann istedenfor sjøvann.



Figur 4: Graf som viser resultat fra test utført i verksted.

Sikkerheten på automatikken ble sjekket og fungerte helt fint. Styring ble også kvalitetssikret og innstillinger på anlegget ble tilpasset. Det ble målt en effekt $\sim 22\text{kW}$ for 6,2kW strøm (inkludert pumpe).

Prototype installert i båt

Resultat etter de første sjøvær

Mini RSW som ble valgt å installere oppe på dekk av hensyn til plass, resulterte i noen spesielle utfordringer vinterstid. Når temperatur i luften er kaldere en temperaturen i sjø og sjøvannpumpen aktiveres før kompressor er startet og fått komme ordentlig i gang, har dette resultert i at det kuldemediet som har ligget igjen i fordampere har fordampet og kondensert i kompressoren.



Bilde 5: Viser plasseringen av RSW- riggen på babord side oppe på dekk.

Da anlegget ble bygget var det montert et varmebelte på kompressor for å koke bort denne væsken og unngå dette problemet, men den var bare aktivert når diesel aggregatet var i gang, noe som vi tror ble for kort tid for å koke bort væsken før oppstart av kompressor som da gir det resultat at kompressoren slår ut på våtsug. For å unngå dette, ble varmebeltet koblet til landstrømmen som vil resultere i at det unngås oppsamling av væske i kompressor. I tillegg til dette ble kompressoren isolert.

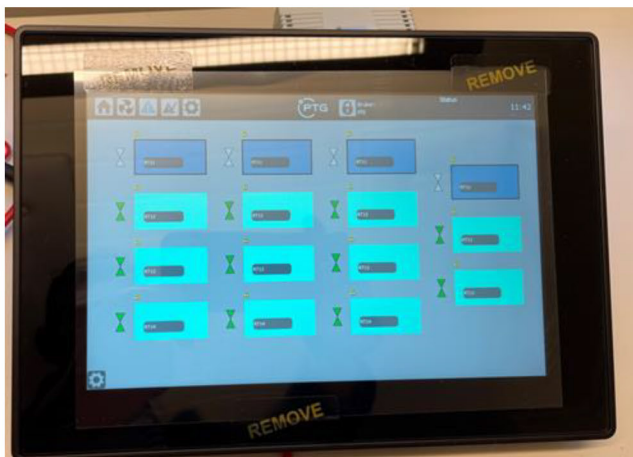
Det ble valgt å gjøre installasjonen av systemet i Båtsfjord istedenfor i Tromsø for å unngå forsinkelser i prosjektet samt at vi også da gjorde verftet i Båtsfjord bedre kjent med anlegget og dermed enklere kunne bistå ved behov. I etterkant av installeringen har vi vært i kontakt med verftet, rørlegger og elektriker som hadde ansvaret for sine ulike fagområder for kommentarer og høste deres erfaring rundt installasjonen samt selve prosjektet. Jeg påpekte at dette er et pilotprosjekt og at det av den årsak har blitt valgt å overdimensjonere enkelte av komponentene. Generelt var tilbakemeldingene at dette kom til å bli et godt sluttprodukt, men at det nok kunne skjæres ned en del på dimensjonen på komponentene for det endelige slutt produktet, da spesielt med tanke på de elektriske skapene, frekvensomformer og ventilene i fiskerommet. Elektrikeren kommenterte også at det elektriske skapet og frekvensomformeren på selve RSW- enheten egentlig burde vært plassert i maskin- rom/nedgang for å unngå risikoen for fukt.



Bilde 6: Til høyre på riggen vises frekvensomformeren og i midten står det elektriske skapet.

Distribusjonssystem.

For at det skulle være enkelt å distribuere samt sikre god sirkulasjon av det nedkjølte sjøvannet fra RSW systemet til hver enkelt container, ble det montert et ventilsystem med slanger som kunne styres og kontrolleres fra en skjerm i rorhuset av mannskapet på båten. Slangene ble utformet slik at de nådde ned til bunnen av containerne slik at nytt vann erstattet gammelt blodvann som vil renne over kanten på toppen.



Bilde7: Skjerm for å styre distribusjon

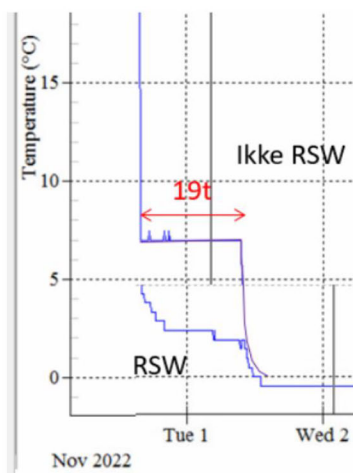


Bilde 8: Ventilsystem i lasterom.

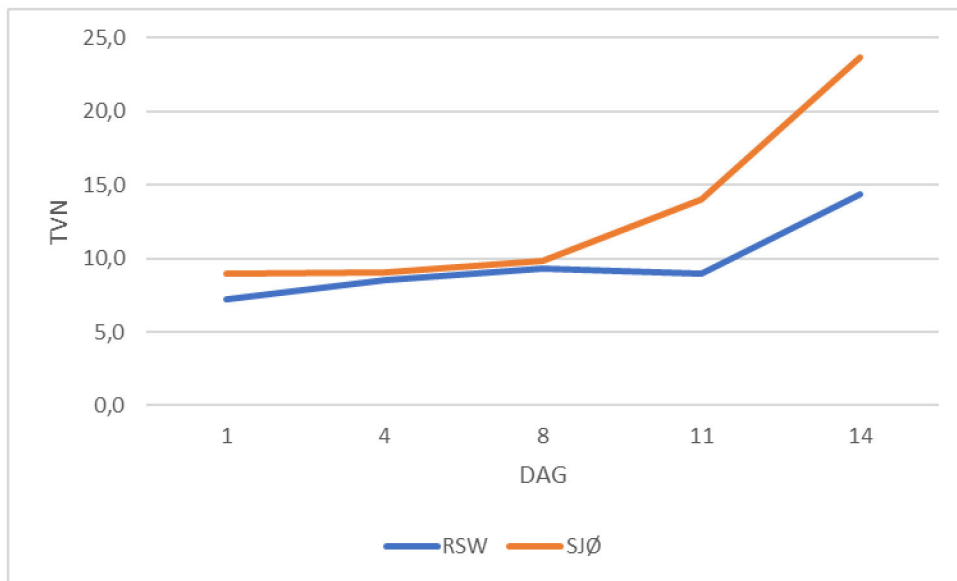
Systemet viser seg å fungere veldig bra, men det konkluderes også at systemet også vil fungere veldig godt ved å legge slange fra dekk manuelt i containerne etter hvert som de fylles med fisk. Anbefalingen ved å velge en slik løsning vil da være å utføre utblødningen av fisken i et eget utblødningskar oppe på dekk før fisken fylles i den enkelte container.

TVN Test

For å dokumentere virkningen av det å kjøle ned fisken med bruk av RSW opp mot å ikke kjøle den, men kun bruke sjøvann i containerne, ble det utført en test for å måle TVN og sensorisk. Testen startet fra fangstøyeblikket der det ble satt inn temperaturloggere i fiskene, frem til levering på anlegg hvor all fisken ble kjølt ned og lagret på kjølelager i 14 dager som var siste test dag. Sensorisk test ble avsluttet etter 11 dager.



Tabell 1: Temperatur i fisken (all fisk fra begge kategorier holdt 0°C etter at den ble satt inn på kjølelager).



Tabell 2: TVN står for Total flyktig nitrogen, det er en indikator på hvor fersk fisken er. Over en verdi av 25 mgN/100g anses fisken som ikke omsettbare. testen viser at ved å kjøle ned fisken med vår RSW forlenges holdbarheten med 3 døgn.



Tabell 3: Resultatene fra sensorisk test der 12 er beste verdi.

Resultatene viser en betydelig forskjell i temperaturen på fisken som ble nedkjølt ved hjelp av RSW sammenliknet med fisken som ble oppbevart i sjøvann fra fangst øyeblikket og frem til den ble levert til fiskemottaket etter 19 timer. Men det som overrasket aller mest, var at allerede 24 timer etter at fisken ble fanget, viste resultatene en vesentlig forskjell i TVN verdi. Uten at testresultatene gir oss noe eksakt, mener vi å kunne anslå at fisken som ble nedkjølt i RSW har en bedre holdbarhet på minst 3 dager sammenliknet med fisk som ikke fikk tilstrekkelig nedkjøling før den kom til mottaket. Vedrørende resultatene for den sensoriske testen, viser den også noe forskjell i verdi og det ble bemerket at etter oppbevaring av fisken på kjølelager i 14 dager var fisken som var nedkjølt i RSW fortsatt var fast i konsistensen og fisken som ikke hadde nedkjøling i båten var veldig bløt.

Testresultatene fra loggerne i RSW- fisken, viser også at i denne testen hvor sjøen holdt 8-9°C, klarte ikke anlegget å kjøle fisken ned til mer enn 2°C. Årsaken til dette kommer av at slik anlegget er

bygget opp nå, klarer vi ikke å oppnå en Δt på mer enn 6°C. Dette kan løses ved å utvikle anlegget litt mer ved at vi først optimerer vann sirkulasjon i fordamperen slik att vi kan tilpasse mengde produsert vann til anleggets kapasitet samt at vi ha optimal mengde vann for å få mest mulig kulde fra fordamperen. Deretter vil vi sette inn en varmeveksler som lar oss veksle innløpsvannet med utløpsvannet som er overløpsvannet fra containerne i fiskerommet og dermed redusere temperaturen til innløpsvannet med 70-80%.

Andre fordeler med anlegget foruten en forenklet hverdag og bedre kvalitet.

Bifangsten som oppbevares i egen container på dekk blir adskillig bedre nedkjølt fordi det er enkelt å legge slangen oppi.

I et sjøvær båten hadde på blåkeita der noen av containere var nedkjølt med RSW og noen med is, varte sjøværet fra fredag og fisken ble levert tirsdag. Her var kvaliteten på fisken som var nedkjølt med RSW adskillig bedre enn den som var nedkjølt med is.

Båten hadde også et sjøvær etter kongekrabbe på en dag hvor temperaturen i luften var 25°C der han leverte 800 kilo uten dødelighet sammenlignet med en kompisbåt som leverte 500 kilo og fikk 150 kilo død. Når pris på krabben er så høy som i dette tilfellet 400,- kiloen er dette en vesentlig forskjell for dags resultatet.

Hovedfunn

- RSW er det beste alternative systemet (kontra is eller is-lurry) for den minste flåtegruppen med tanke på å dekke krav spesifikasjonene til dette prosjektet, da hovedsakelig begrunnet krav til areal og utbløding i containerne.
- RSW system som kan gi rask og riktig nedkjøling av fiskefangsten, vil støtte bærekraftsmålene ved å øke verdien og holdbarheten på fisken samt at det være mer lønnsomt å utføre ferdigvare produksjon på produksjonsanlegget som tar imot fisken.
- Ettersom det ikke ble oppnådd ønsket Δt på systemet, kan det være nødvendig å sette inn en generator som lar oss veksle inn- og utløpsvannet sånn at nye vannet kommer delvis nedkjølt i RSW kjøleren

Leveranser

1. Referat referansegruppemøte 1 (oppstart) 14.02.20
2. Statusrapport etter fase 1 – Kartlegging 08.04.20
3. Referat referansegruppemøte 2 15.05.20
4. Statusrapport etter fase 2 – Analyse av komplette systemer 23.10.20
5. Statusrapport etter fase 3 – Realisering av prototype 07.07.21
6. Statusrapport etter testing prototype i lab (slått sammen med statusrapport fase 3) 07.07.21
7. Prototype installert i fartøy 19.01.22
8. Referat referansegruppemøte 3 27.01.22
9. Statusrapport etter testing av prototype i fartøy 15.02.22
10. Feilretting oppgradering av prototype 28.03.22
11. Statusrapport etter testing av oppgradert prototype 09.05.22
12. Referat referansegruppemøte 4 (avslutning) 10.01.23
13. Sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer 09.10.23
14. Faktaark 09.10.23
15. Presentasjon som kan brukes på fiskerifaglige konferanser 09.10.23
16. Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer 09.10.23

Referanser

Torbjørn Tobiassen, Anette Hustad, Tor H. Evensen, Tatiana Ageeva, Gustav Martinsen, Sjurdur Joensen, Stein H. Olsen, Karstein Heia og Cecilie Mejdell (2018). Bedøvelse og bløgging av fisk om bord i fartøy – Faglig sluttrapport. Rapport 28/2018, Nofima, Tromsø.