

A27203 - Åpen

Rapport

Evaluering av teknologi for ombordpumping av pelagisk fisk

Sammenlikning av sentrifugalpumpe og vakuumlasting

Forfattere

Ida Grong Aursand

Stine W. Dahle og Morten Bondø



SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Råstoff og prosess

2015-10-02

Rapport

Evaluering av teknologi for ombordpumping av pelagisk fisk

Sammenlikning av sentrifugalpumpe og vakuumlasting

EMNEORD:Kvalitet
Pumping
NVG sild
Fangstbehandling
Ringnot**VERSJON**

2

FORFATTEREIda Grong Aursand
Stine W. Dahle og Morten Bondø**OPPDRAAGSGIVERE**

MMC Tendos og Kings Bay

PROSJEKTNR

8502520

SAMMENDRAG

Et forskningstokt med M/S Kings Bay ble gjennomført i nov-des 2008. Hensikten med toktet var å undersøke kvaliteten på NVG sild fanget med ringnot og pumpet om bord ved hjelp av to ulike pumpeteknologier, tradisjonell sentrifugalpumpe og en Pumpe basert på vakuu (undertrykk). Resultater og observasjoner gjort om bord og ved landanlegg tyder på at vakuumpumpen kan ha potensial til å redusere andelen skadd rundfisk sammenliknet med sentrifugalpumpen. Det forutsettes optimal utforming av håndteringssystemer om bord. Det anbefales å integrere en silke i vakuumpumpesystemet for å øke nedkjølingshastigheten. Temperaturloggene fra langringstankene etter ombordtaking av fisken indikerer at nedkjølingstiden var omtrent den samme (4-5 timer) for vakuumpumpet og sentrifugalpumpet fisk. Vakuumpumpen gav noe høyere overlevelsesrate enn sentrifugalpumpen. I tillegg til pumpeteknologi spiller sannsynligvis andre faktorer inn som mengde fisk i nota, og tiden fisk ble holdt i nota før ombordtaking, inn på resultatet. Vakuumpumpet fisk hadde betydelig lavere andel skader på skinn sammenliknet med sentrifugalpumpet fisk. Måling av blod i pumpevann gav en rask, rimelig og kvantitativ måling av blodvann, og det antas at metoden kan brukes som en indikasjon på blod i vannet og dermed skånsomhet ved håndtering av fisken. Mengden blod i pumpevannet var under den detekterbare grensen for begge pumpeteknologiene. Mengden blod i vannet fra lagringstankene var signifikant høyere for fisk pumpet med sentrifugalpumpe sammenliknet med vakuumpumpe. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i andelen fileter med blodflekker eller røde haler mellom fisk fra de to pumpeteknologiene og ved ulike pumpetrykk. Den gjennomsnittlige skadefrekvensen på rund fisk etter landing var 0,1 % for vakuumpumpet fisk, mens sentrifugalpumpen gav en skadefrekvens på henholdsvis 0,15 og 0,18 % for de to pumpetrykkene 115 bar og 125 bar. Trykkmålinger i pumpe slangene viste at vakuumpumpen gav et jevnt trykk med lite pulseringer. For pumpingen med sentrifugalpumpe ble noe høyere andel pulsering målt, spesielt i forbindelse med start og stopp av Pumpe. Det må tas med i betraktning at andre faktorer, som hvilken del av kastet som testes, værforhold og størrelse på kastet, også spiller en rolle for resultatene.

UTARBEIDET AV

Ida Grong Aursand

KONTROLLERT AV

Hanne Digre

GODKJENT AV

Marit Aursand

RAPPORTNR

A27203

ISBN

978-82-14-06003-4

GRADERING

Åpen

SIGNATUR**SIGNATUR****SIGNATUR****GRADERING DENNE SIDE**

Åpen

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	3
1.1	Målsetning	3
2	Materialer og metoder	3
2.1	Fartøy	3
2.2	Fiskeredskap.....	3
2.3	Pumpesystemer og silekasse	4
2.3.1	Sentrifugalpumpe	4
2.3.2	Vakuumpumpe	4
2.3.3	Silekassen.....	5
2.4	Kjøleanlegg og lagringstanker ombord.....	5
2.5	Gjennomføring av fiske	6
2.6	Analyser og kvalitetsvurdering	6
2.6.1	Vannprøver tatt ut om bord	6
2.6.2	Trykkmålinger i pumpe slang e	7
2.6.3	Prøvemateriale ombord og ved landanlegg.....	7
2.6.4	Analyser av fisken utført ombord.....	8
2.6.5	Analyser utført ved landanlegget	8
2.7	Statistiske metoder	8
3	Resultater og diskusjon.....	9
3.1	Not	9
3.2	Kjølekjede om bord	9
3.3	Kvalitetsmålinger foretatt om bord.....	11
3.3.1	Slaktedata.....	11
3.3.2	Overlevelsesrate.....	11
3.3.3	Visuell vurdering av fisken om bord - fangstskader	12
3.3.4	Rigortid.....	13
3.3.5	Målinger av trykk og vakuum.....	14
3.4	Kvalitetsmålinger foretatt ved landanlegg	15
3.4.1	Andel fangstskader - rund fisk	15
3.4.2	Skadefrekvens file t	15
3.5	Vannanalyser.....	17
4	Oppsummering og konklusjon	20
	Referanser	21
	Vedleggsliste	22

1 Innledning

Dette er en rapport fra et tokt med M/S Kings Bay gjennomført høsten 2008 hvor SINTEF Fiskeri og havbruk evaluerte kvaliteten på NVG sild (norsk vårgytende sild) pumpet om bord fra ringnot med to ulike pumpeteknologier. Rapporten beskriver forsøk og resultater fra 2 forskningstokt, hvor personell fra SINTEF Fiskeri og havbruk deltok ombord på fartøyet og ved landing av fangsten.

Dekkutstyr om bord på pelagiske fiskefartøy har i hovedsak to formål. Det skal bringe fisken fra utsiden av båten, i dette tilfellet fra nota, til fartøyets lagringstanker. Videre skal det skille vann og fisk som blir pumpet om bord. Dette fordi fartøyet har nedkjølt vann i lagringstankene som benyttes til å kjøle fangsten så raskt som mulig etter at den har kommet om bord. Utstyret som benyttes i de to beskrevne leddene er henholdsvis fiskepumpe og silekasse. Fisken pumpes fra not og opp i en silekasse hvor vann og fisk skiller lag. I sentrifugalpumpen kan det oppstå skader på fisken som følge av støt. I et forsøk på å redusere skadefrekvensen ble en nytviklet pumpeteknologi basert på undertrykk testet ut.

1.1 Målsetning

Målet med toktet var å sammenlikne to pumpeteknologier for ombordpumping av pelagisk fisk installert om bord på M/S Kings Bay med hensyn på fiskekvalitet. Den ene pumpen var en standard sentrifugalpumpe, mens den andre var en Pumpe basert på undertrykk (vakuumpumpe) levert av MMC Tendos.

2 Materialer og metoder

2.1 Fartøy

Under forsøket ble ringnotfartøyet M/S Kings Bay benyttet (se Vedlegg 1 for bilder). Hoveddata er gjengitt i **Tabell 1**.

M/S Kings Bay er et ringnot/trålfartøy som ble bygget i 1988, og ble overtatt av rederiet i 1992. Broen har moderne utstyr for navigering, fiskeleting og fangstovervåkning. Med positivt og behjelpelig mannskap, rommelig innredning og gode lugarfasiliteter med skrivebord og trådløst internett samt et ryddig og oversiktlig dekk er fartøyet godt egnet til forskningsformål.

Tabell 1: Hoveddata for M/S Kings Bay.

LOA	74,6 m
Bredde	13,6 m
Dybde	8,0 m
Lastekapasitet RSW-tanker	2500 m ³
Hovedmaskin	4500 kW
Hjelpemaskin	1500 kW

2.2 Fiskeredskap

M/S Kings Bay kan håndtere både trål og not. Under dette toktet ble ringnot benyttet. Nota som ble brukt til fisket var levert av Erik Foss og sønner og har følgende mål: lengde: 1000 m, dybde: 250 m. Den hadde blysynk på 8,2 tonn og oppdrift tilsvarende 23,9 tonn.

2.3 Pumpesystemer og silekasse

2.3.1 Sentrifugalpumpe

Denne pumpen benyttes i daglig drift om bord på Kings Bay, se bilde i Vedlegg 1. Sentrifugalpumpen har et roterende hjul med skovler som er montert i et hus, til å skape trykk. Når hjulet begynner å rotere, blir vannet slynget ut til siden og ledet via pumpehuset som hjulet er montert i, til pumpens utløp. I senter på hjulet vil det da skapes et sug der nytt vann vil strømme inn. I dette tilfellet er avrundede skovler benyttet for å unngå kappskader på fisken. Et åpent pumpehjul blir. Fisk og vann blir ledet inn i senter på pumpa og slengt ut til siden via sentrifugalhjulet. Deretter blir fisken samlet i en kanal for oppsamling og transportert videre ved hjelp av det trykket som er bygd opp. Drift av pumpen går via et hydraulisk aggregat hvor det er mulig å justere pumpetrykket (Lekang og Fjæra, 1997). **Tabell 2** viser en oversikt over transportvei for fisken fra nota til toppen av avsilingsrista i silekassen.

Tabell 2: Transportvei for fisken pumpet med sentrifugalpumpa, fra not til toppen av silekassen.

Spesifikasjon	Tallverdi
Total løftehøyde	4 m
Løftehøyde fra vannoverflata til rekka	ca 4 m
Løftehøyde fra rekka til topp avsilingsrist	ca 7 m
Antall 90° bend	2
Antall 45° bend	0
Total lengde pumpe slang fra not til topp avsilingsrist	25 m
Lengde slang fra not til bend på rekka	21 m
Lengde slang fra bend på rekka til topp avsilingsrist	4 m
Diameter pumpe slang	16" (14")

2.3.2 Vakuumpumpe

Vakuumpumpe som benyttes er designet av MMC Tendos. Pumpen har vært installert på Kings Bay for testing og i 2008 har utstyret blitt ytterligere forbedret slik at det skal være nærmere et ideelt oppsett. Lengden og løftehøyden fra nota til lagringstanken er betraktelig forbedret sammenliknet med tidligere tester. Transportvei fra not til tank er kortet ned og løftehøyden er gjort så lav som mulig, se **Tabell 3**. Pumpe slanger har en diameter på 16" med unntak av CMR fisketelleren som har en diameter på 14". Pumpingen skjer ved at lagringstanken fylles med vann. Ved at vannet i tanken pumpes ut vil det bli undertrykk i toppen av tanken hvor pumpe slangen er tilkoblet. Dette fører til at fisk kontinuerlig suges fra nota, over rekka på fartøyet og ned i lagringstanken. Systemet som ble testet i dette forsøket hadde ingen avsiling, noe som betyr at pumpevannet følger med fisken inn i lagringstanken.

Tabell 3: Transportvei for fisken pumpet med vakuumpumpe, fra not til toppen av silekassen.

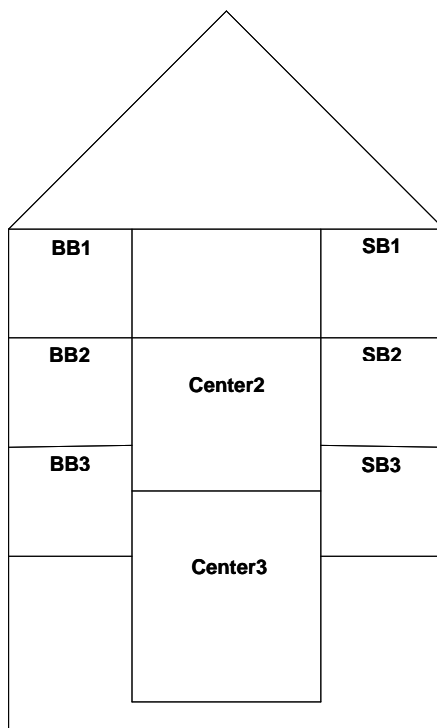
Spesifikasjon	Tallverdi
Total løftehøyde	4 m
Løftehøyde vannoverflate til bend på rekka	ca 4 m
Antall 90° bend	2
Total lengde pumpeslange	15 m
Lengde sugeslange fra not til bend på rekka	12 m
Lengde sugeslange fra bend på rekka til vakuumtank	3 m
Diameter pumpeslange	14"/16"
Diameter sugeslange fra not til bend på rekka	14"
Diameter sugeslange fra bend på rekka til lagringstank	16"
Diameter CMR fisketeller	14"

2.3.3 Silekassen

Ved bruk av sentrifugalpumpen ble en silekasse benyttet. Denne var levert av MMC Tendos, se bilde i **Vedlegg 3**. Fra silekassen gikk det et 3 meter langt aluminiumsrør som fordelte fangsten i de forskjellige tankene. Røret hadde en diameter på 24".

2.4 Kjøleanlegg og lagringstanker ombord

Figur 1 viser skisse over lagringstankene om bord. To kjøleanlegg er installert om bord. Det ene er et Teknoterm-anlegg med kapasitet på 842 000 Kcal/t. Dette anlegget er koplet til tankene Center2 og Center3. Sirkulasjons-pumpekapasiteten på dette anlegget er 500 m³/t. Det andre anlegget er et Kværneranlegg med kapasitet på 650 000 Kcal/t. Dette anlegget er koplet til tankene Styrbord2, Babord2, Styrbord3, Babord3, Styrbord1 og Babord1. Sirkulasjons-pumpekapasiteten på dette anlegget er 700 m³/t. Det er totalt 11 tanker om bord med lastekapasitet på til sammen 2500 m³.



Figur 1: Lagringstankene om bord på M/S Kings Bay.

2.5 Gjennomføring av fiske

Valg av tidspunkt og fangstfelt var tilpasset fartøyets ordinære driftsopplegg. Fangsten ble solgt på auksjon, som normal praksis, og den ble landet i Bodø. Deltakende forskere fra SINTEF var Ida G. Aursand og Morten Bondø. Forskerne kom om bord i Harstad 28.11.08 kl 09.50. SINTEF Fiskeri og havbruks forskningskvote på NVG sild (200 tonn) ble benyttet til forsøket. Kings Bay hadde i tillegg til forskningskvoten også egen kvote som ble fisket på samme tokt.

Mengden fisk som ble fangstet var følgende: Tokt I, kast 1: 150 tonn, kast 2: 800 tonn (hvorav deler av fangsten ble pumpet om bord et annet fartøy). Tokt 2, kast 1: 390 tonn. De to ulike pumpeteknologiene beskrevet over ble benyttet for ombordpumping av fangsten. Vakuumpumpe ble sammenliknet med sentrifugalpumpe på det skipper regnet som optimal innstilling (115 bar), og på høyt trykk (125 bar), som ble betegnet som mindre skånsom pumping. Det ble foretatt to kast. **Tabell 4** viser mengde fisk oppbevart i de ulike pumpene og lagringstankene.

Tabell 4: Mengde fisk oppbevart i de ulike lagringstankene (Tukt I).

Fartøy		M/S Kings Bay				
Avgang/sted og tidspunkt		Harstad/ 29.11.08				
Tank	BB2	SB2	BB3	SB3	Center 2	Center 4
Pumpeteknikk	Sentrifugal	Sentrifugal	Sentrifugal	Vakuumpumpe	Sentrifugal	Sentrifugal
	115*	125*	115*		125*	125*
Mengde fisk (tonn)	60	60	23,5	65,1	180	250

** Pumpetrykk oppgitt i bar

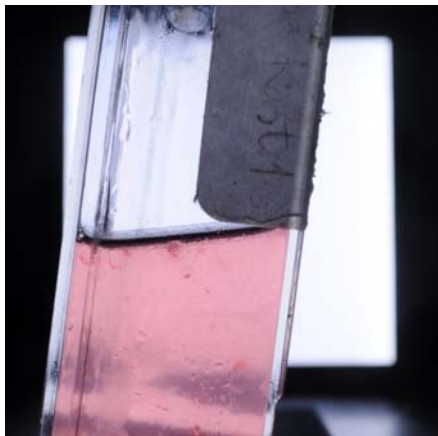
2.6 Analyser og kvalitetsvurdering

Formålet med denne delen av undersøkelsen var å foreta en vurdering av kvaliteten på notfanget NVG sild pumpet om bord med henholdsvis sentrifugalpumpe ved to ulike trykk (115 bar og 125 bar) samt vakuumpumpe. Det ble tatt ut prøver av vannet og fisken om bord ved ulike tidspunkt og lokaliteter.

2.6.1 Vannprøver tatt ut om bord

Temperaturen på vanninntaket til lagringstankene ble logget ved hjelp av fartøyets egne loggere. I tillegg ble det plassert en wire med temperaturloggere fra bunn til topp i en lagringstank som rommet vakuumpumpet fisk og en som rommet sentrifugalpumpet fisk.

Vannprøver ble tatt ut og analysert om bord. Disse ble tatt ut ved jevne mellomrom fra pumpevannet. For vakuumpumpen ble vannprøver sugd ut ved hjelp av en pumpe. Prøvene ble tatt ut ved jevne mellomrom under ombordpumpingsprosessen, og oppbevart på flasker (200 mL). Sjøvannsprøve og vannprøver fra lagringstankene ble også tatt ut. Alle vannprøvene ble analysert spektrofotometrisk. Dette ble gjort ved å måle hvor mye rød, grønt og blått lys prøvene absorberte. For å måle lysabsorpsjon ble en fullspektrum jevn lyskilde og et Nikon D90 digitalt speilreflekskamera benyttet. Systemet ble kalibrert med løsninger av sjøvann med forskjellige kjente konsentrasjoner av fiskeblod, se **Figur 2**.



Figur 2: Eksempel på bilde av blodvannsprøve med kjent konsentrasjon benyttet som kalibreringsprøve.

2.6.2 Trykkmålinger i pumpe-slange

Trykkmålinger ble gjort for de to pumpeteknologiene ved at en sensor ble montert på rekkebendet. Trykkmålingene som ble utført ved vakuumpumping ble gjort ved å skru trykkmåleren direkte i rekkebendet. De samme målingene ble utført ved bruk av sentrifugalpumpen. Her ble det imidlertid brukt en plastikkslange (lengde 1 m) som forbindelse mellom rekkebendet og trykksensoren. Dette ble gjort for å unngå vannsprut på sensoren. Det var ikke mulig å fjerne all luft i denne slangen, dermed gav slangen en dempende virkning på trykkmålingene. Dette virket sannsynligvis inn på måleresultatene på den måten at mindre høyfrekvente svingninger ble detektert. Målingene ble logget på en datamaskin med 1000 målinger per sekund.

2.6.3 Prøvemateriale ombord og ved landanlegg

Det ble tatt ut prøver av fisken på forskjellige steder om bord på M/S Kings Bay under toktet og ved landanlegget.

1) Prøvemateriale til analyse av ulike typer fangstskader

Fiskeprøver ble tatt ut ombord og fisken ble vurdert med hensyn på fangstskader. Se fangstskadeskjema som ble benyttet i **Vedlegg 2**. Fiskeprøver ble tatt ut på følgende steder:

- a) I nota ved to ulike kast
- b) Vakuumpumpe 1 fra lagringstank etter ombordpumping
- c) Sentrifugalpumpe (115 bar) fra silekasse og etter at fisken ankom lagringstanken
- d) Sentrifugalpumpe (125 bar) fra silekasse og etter at fisken ankom lagringstanken

2) Prøvemateriale til rigormålinger

Vakuumpumpet ($n=33$) og sentrifugalpumpet fisk ($n=30$) ble tatt ut fra lagringstankene straks etter ombordtaking og lagt på is i isoporkasser. Deretter ble rigorstyrke målt med jevne mellomrom inntil fangsten var landet.

3) Prøvemateriale til analyse av andel skadet fisk i fangsten pumpet om bord ved ulike pumpeteknologier og trykk i Bodø (Test 1)

Ved mottakene etter mottakskar ble andelen skader som følge av ombordpumping funnet ved å veie andel skadet fisk i en gitt mengde fangst. Følgende ble analysert:

- a) Mengden utkast Vakuumpumpet fisk, kast 1

- b) Mengden utkast Sentrifugalpumpe 115 bar, kast 1
- c) Mengden utkast Sentrifugalpumpe 115 bar, kast 2
- d) Mengden utkast Sentrifugalpumpe 125 bar, kast 2

4) *Prøvemateriale til analyse av andel skadet fisk i fangsten pumpet om bord ved ulike pumpeteknologier og trykk i Måløy (Test 2)*

Temperaturer i fisken ved inntak hos mottakene ble målt av deres ansatte under landingen av fangsten.

5) *Prøvemateriale til analyse av andel fileter med røde haler og/eller blodflekker i Bodø (Test 1)*

Ved mottakene etter filetering ble andelen blodflekker og røde haler funnet ved å veie andelen av hver av disse i pakninger a 20 kg maskinfiletert sild ferdige til eksport.

- a) Fileter, vakuumpumpe, kast 1
- b) Fileter, pumpetrykk 115 bar, kast 1
- c) Fileter, pumpetrykk 115 bar, kast 2
- d) Fileter, pumpetrykk 125 bar, kast 2

6) *Prøvemateriale til analyse av andel fileter med røde haler og/eller blodflekker i Måløy (Test 2)*

- a) Fileter, vakuumpumpe, kast 1
- b) Fileter, pumpetrykk 115 bar, kast 1

2.6.4 Analyser av fisken utført ombord

Fiskens tilstand (dødelighet): Fisk ble umiddelbart etter opptak kontrollert i forhold til tilstand (død/levende). Dette ble gjort ved å berøre sidelinja og spordgrop.

Rigortid: Rigorstyrke ble målt med jevne mellomrom på $n=33$ fisk fra vakumpumpe og $n=30$ fra sentrifugalpumpen. Dette ble gjort på følgende måte: Fisken ble lagt vannrett på et bord med halvparten av fiskelengden plassert på benken (hodedelen av fisken), og den andre halvparten (haledelen) utenfor kanten på benken. Ved å måle vinkelen halen henger med utenfor benkkanten får man en indikasjon på rigorstyrke.

Fangstskader ble vurdert for 30-65 fisk i hver gruppe, se fangstskadeskjema i **Vedlegg 2**.

Rundvekt: Fiskevekt ble målt av mannskapet om bord. Prøver ble tatt ut fra silekassen med jevne mellomrom. Omtrent 300 fisk ble tatt ut fra hver av kastene.

2.6.5 Analyser utført ved landanlegget

Andel fangstskader: Fisk med skader ble sortert ut manuelt etter mottakskar. Den utsorterte fisken ble lagt i et kar og veid etter at en kjent mengde fisk var pumpet i land (lagerbeholdning ble notert). Deretter ble andelen fangstskader beregnet ut fra en gitt mengde landet fangst. Dette ble gjort for alle fiskegrupper.

Andel blodflekker og røde haler på maskinfiletert sild: Det ble tatt ut 4×20 kg's kasser ferdig pakket filet klare for eksport til Nederland fra hver av fiskegruppene. Blåmerker og blodflekker ble sortert ut på fileten for fisk pumpet med de ulike pumpene og pumpetrykk. Filetene i kassene ble sortert i tre grupper; a) fine fileter, b) fileter med rød hale og c) fileter med flere blodflekker. Deretter ble andelen fileter i hver av gruppene funnet ved å veie hver gruppe for seg.

2.7 Statistiske metoder

Gjennomsnitt og standardavvik er generelt oppgitt. Enveis variansanalyse (ANOVA) ble benyttet for å sammenlikne gjennomsnittlig skadefrekvens på fileter mellom fangstgruppene.

3 Resultater og diskusjon

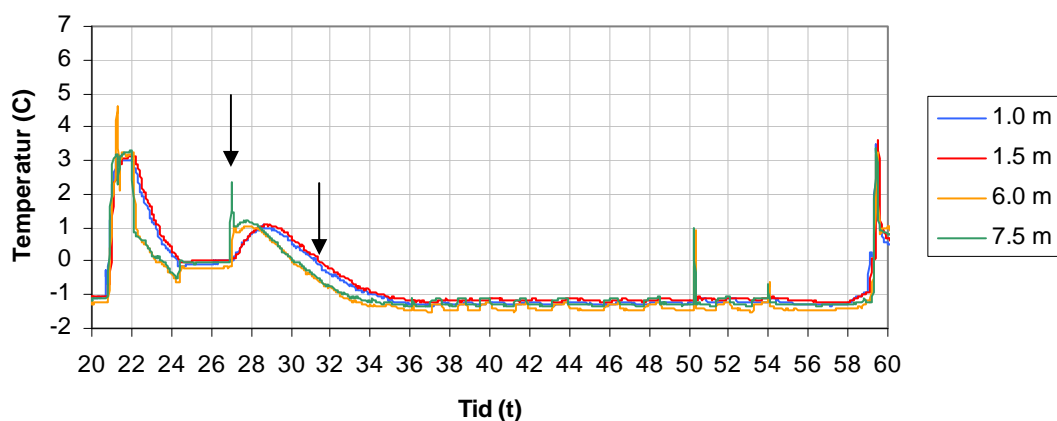
3.1 Not

Not, sett i et kvalitetsperspektiv, er et skånsomt fiskeredskap (Digre et al., 2006). Sammenliknet med for eksempel trål, har fisken kortere oppholdstid i redskapet før det tas om bord. Dette er gunstig i forhold til andelen skader som følge av direkte kontakt mellom fisk og redskap. Fisk fanget med not egner seg derfor godt til undersøkelse av skader som oppstår i senere ledd, i dette tilfellet ombordpumping.

3.2 Kjølekjede om bord

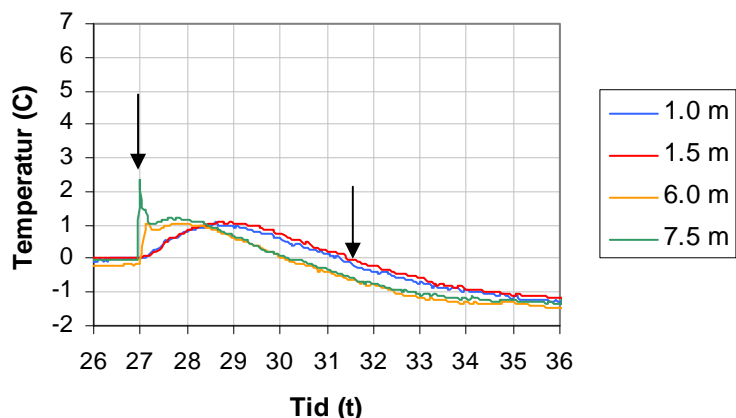
Temperaturen i lagringstankene ble logget ved hjelp av temperaturloggere langs en wire som var montert loddrett i to av lagringstankene (en for vakuumpumpet fisk og en for sentrifugalpumpet fisk). **Figur 3** og **Figur 4** viser temperaturen i lagringstanker med fisk pumpet med vakuumpumpe. I tillegg ble temperaturen i tankene logget med mannskapets egne loggere. Resultatene er vist i **Vedlegg 3**.

Lagringstank - Vakuumpumpe



Figur 3: Temperaturen i lagringstanken hvor vakuumpumpet fisk var lagret fra ombordtaking til og med levering av fangsten i Bodø. Temperaturen ble logget i ulike høyder fra toppen av lagringstanken og loddrett nedover. Avstanden fra luka på toppen av lagringstanken er oppgitt. Pilene indikerer 1) Starten for ombordpumping og 2) tidspunktet når vanntemperaturen passerer 0 °C 4,5 timer etter at pumpingen startet.

Lagringstank - Vakuumpumpe

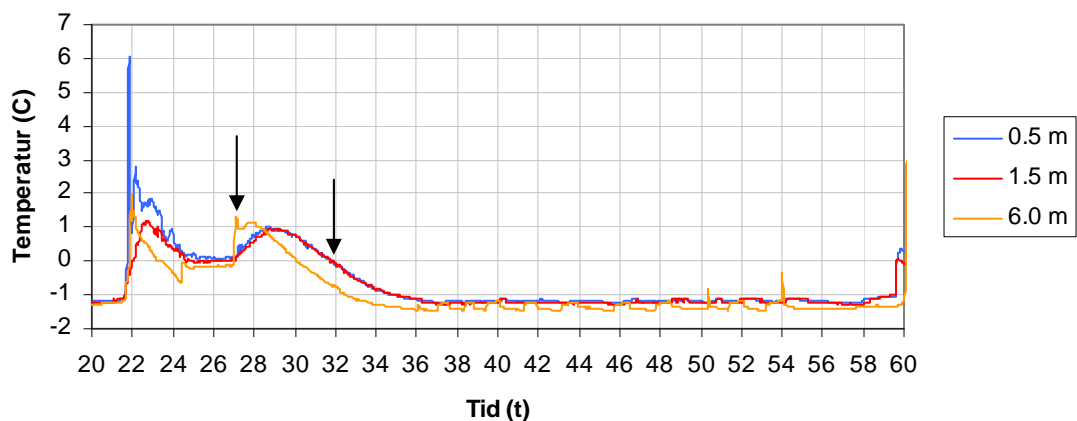


Figur 4: Utsnitt av temperaturloggen for vakuumpumpet fisk fra ombordtaking til og med levering av fangsten i Bodø. Utsnittet viser temperaturen under ombordpumping av fisk og nedkjølingskurven etter at fisken var tatt ombord. Pilene indikerer 1) Starten for ombordpumping og 2) tidspunktet når vanntemperaturen passerer 0 °C 4,5 timer etter at pumpingen startet.

Figur 3 og **Figur 4** viser at temperaturen under ombordpumping av fisken var oppe i 2,4°C. Det tok 4,5 timer før temperaturen i tanken var under 0°C.

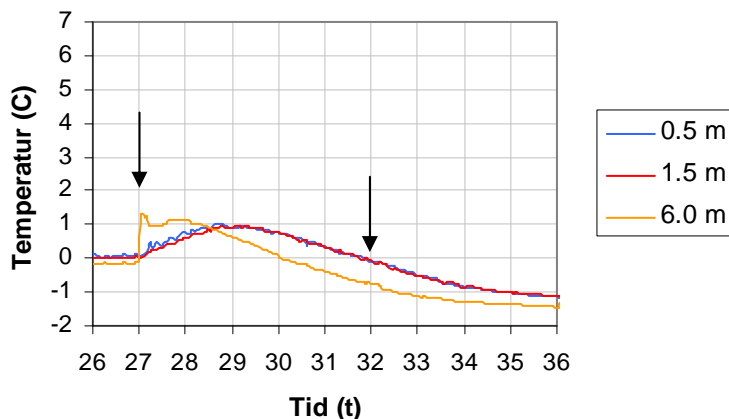
Figur 5 og **Figur 6** viser temperaturen i lagringstanker med fisk pumpet med sentrifugalpumpe.

Lagringstank - Sentrifugalpumpe



Figur 5: Temperaturen i lagringstanken hvor sentrifugalpumpet fisk var lagret fra ombordtaking til og med levering av fangsten i Bodø. Temperaturen ble logget i ulike høyder fra toppen av lagringstanken og loddrett nedover. Avstanden fra luka på toppen av lagringstanken er oppgitt. Pilene indikerer 1) Starten for ombordpumping og 2) tidspunktet når vanntemperaturen passerer 0 °C 4,5 - 5 timer etter at pumpingen startet.

Lagringstank - Sentrifugalpumpe



Figur 6: Utsnitt av temperaturloggen for sentrifugalpumpet fisk fra ombordtaking til og med levering av fangsten i Bodø. Utsnittet viser temperaturen under ombordpumping av fisk og nedkjølingskurven etter at fisken var tatt ombord. Pilene indikerer 1) Starten for ombordpumping og 2) tidspunktet når vanntemperaturen passerer 0 °C 4,5 – 5 timer etter at pumpingen startet.

Figur 5 og **Figur 6** viser at temperaturen under ombordpumping av fisken var oppe i 2,4°C. Det tok 4,5- 5 timer før temperaturen i tanken var under 0°C. Resultatene indikerer at nedkjølingstiden var omtrent den samme for vakuumpumpet og sentrifugalpumpet fisk.

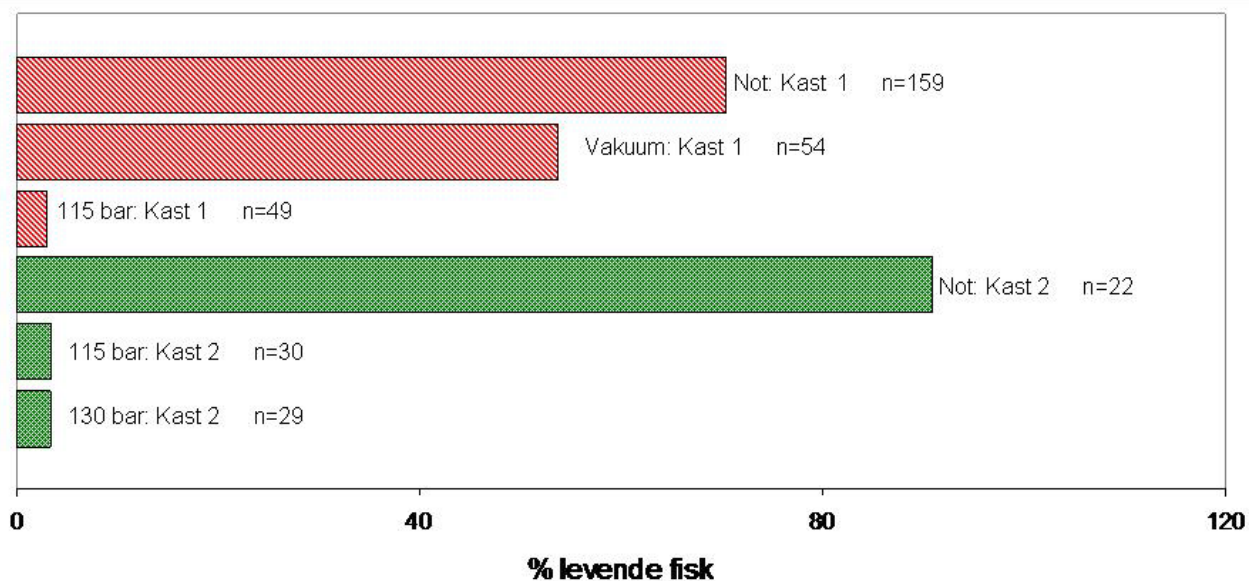
3.3 Kvalitetsmålinger foretatt om bord

3.3.1 Slaktedata

Silda som ble tatt om bord hadde i snitt en rundvekt på 297 g (n=43, kast 1, vakuum), 304 g (n=98, kast 1, sentrifugalpumpe) og 302 g (n=732, kast 2).

3.3.2 Overlevelsesrate

Ved å analysere fisk fra hver av gruppene ble overlevelsesraten bestemt i not før ombordpumping og rett etter ombordpumping ved de forskjellige pumpetrykk og pumpetyper. Resultatene er vist i **Figur 7**.



Figur 7: Overlevelsesrate blant fisk i not og ved de ulike pumpene og pumpetrykkene. n angir antall fisk analysert fra hver av gruppene. Kronologisk rekkefølge i fisket fra topp til bunn i grafen.

Figur 7 indikerer at overlevelsen ved bruk av vakuumpumpen var høyere enn ved bruk av sentrifugalpumpen. Det må imidlertid påregnes at mengde fisk i nota og oppholdstiden i nota før ombordpumping har innvirkning på overlevelsesraten. Det er derfor nødvendig med flere analyser for å kunne fastslå noe med sikkerhet.

3.3.3 Visuell vurdering av fisken om bord - fangstskader

Den visuelle vurderingen av fisken ble gjort ved å ta ut prøver ved tre ulike tidspunkt: 1) Fra nota direkte, 2) fra toppen av avsilingsrista i silekassen og 3) fra lagringstanker. Hensikten med denne kontrollen var å undersøke frekvensen av ulike typer fangstskader på råstoffet avhengig av hvilken pumpeteknologi som var benyttet. Vurderingskriteriene og poengskalaen som ble benyttet er vist i **Vedlegg 2**. Resultatene er vist i **Tabell 5**.

Tabell 5: %-vis fordeling av redskapsmerker, klemskader og bloduttredelser vurdert på sild fra not og ved ulike pumpeteknologier. Trykk oppgitt i bar.

Kast nr			1	1	1	2	2	2	
Parameter	Beskrivelse	Skala**	Not	Vak	115*	Not	115*	125*	
			%	%	%	%	%	%	
Redskapsskader	Skind/skjelltap	0	0	58	52	0	47	0	
		1	33	25	2	100	18	9	
		2	67	17	46	0	35	91	
	Skader på finner	0	94	100	100	100	100	100	
		1	6	0	0	0	0	0	
		2	0	0	0	0	0	0	
Klemskader (knusing)	Klemming i redskap/ ved ombordtaking	0	100	100	100	93	100	100	
		1	0	0	0	7	0	0	
		2	0	0	0	0	0	0	
Synlige bloduttredelser	Skind	0	97	98	98	100	100	100	
		1	3	2	2	0	0	0	
	Øye	0	97	21	51	80	68	100	
		1	3	79	49	20	32	0	
	Gjellelokk	2	0	0	0	0	0	0	
		0	100	90	69	83	81	89	
	Finner	1	0	10	31	17	19	11	
		0	33	57	74	20	71	80	
			1	67	43	26	80	29	20
			Antall fisk analysert (n)		33	65	65	30	59

*Pumpetrykk for sentrifugalpumpen oppgitt i bar

** Vurderingskriteriene er gitt i Vedlegg 2.

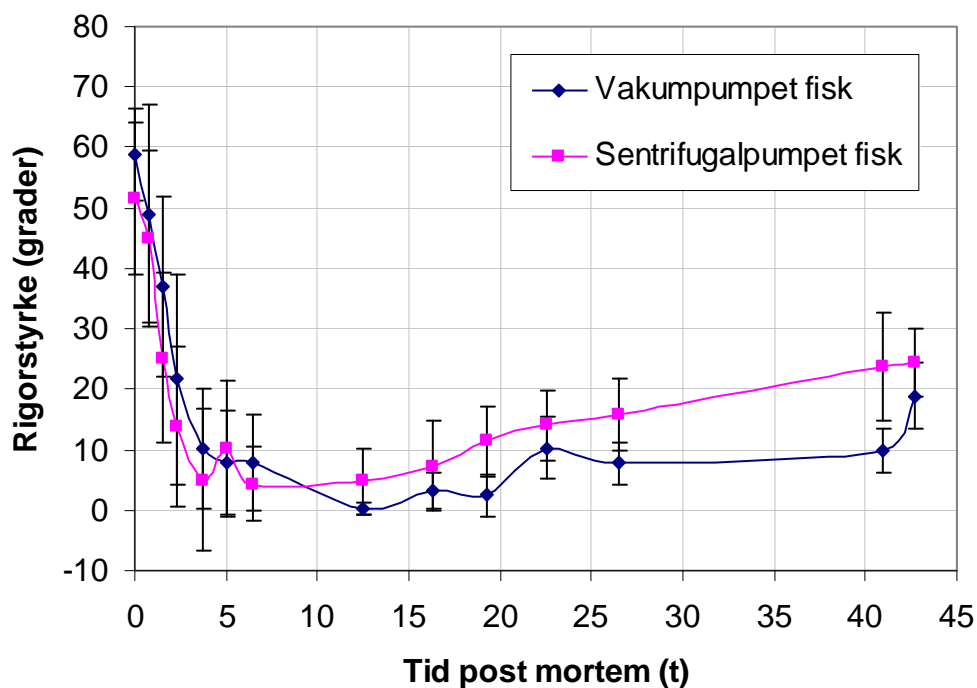
Redskapsmerker: Vakuumpumpet fisk hadde betydelig lavere andel skader på skinn sammenliknet med sentrifugalpumpet fisk. Skader på finner var fraværende ved begge pumpeteknologiene.

Klemskader: Klemskader i redskap eller ved ombordtaking var lav ved begge pumpeteknologiene.

Bloduttredelser: Bloduttredelser på skinnen var nesten fraværende ved begge pumpeteknologiene. Vakuumpumpet fisk hadde noe høyere andel bloduttredelse på øyer og finner sammenliknet med sentrifugalpumpet fisk, mens bloduttredelser på gjellelokk var betydelig lavere hos vakuumpumpet fisk.

3.3.4 Rigortid

Hvor lang tid det tar før fisken går i rigor (blir dødsstiv), hvor stiv den blir, og hvor lenge den forblir i rigor kan gi en indikasjon på fangstbehandling og hvor mye stress fisken har gått gjennom før den dør. Ved å måle størrelsen på vinkelen på halen når halve fisken legges vannrett på et bord får man en god indikasjon på rigorstyrke. Dette ble målt og logget med jevne mellomrom fra fangst til landing av fangsten. **Figur 8** viser rigorstyrken i fisken de første to døgn etter fangst til og med landing av fangsten.



Figur 8: Rigorstyrke som funksjon av timer etter fangst oppgitt som gjennomsnitt \pm standardavvik.

Figur 8 viser at fisk pumpet med vakumpumpen ser ut til å ha noe lengre pre-rigor tid. En lengre pre-rigor tid indikerer at fisken har vært utsatt for mindre stress før død. Videre indikerer resultatene at vakuumpumpet fisk hadde en noe sterkere rigor. Dette er en indikasjon på høyere stressnivå. Resultatene er derfor ikke entydige og flere analyser er nødvendig for å fastslå pumpeteknologiens effekt på rigorutviklingen i fisk.

3.3.5 Målinger av trykk og vakuum

Trykk- og vakuummålingene under ombordpumpingen av fisken er direkte linket til gjennomstrømmingen i pumpe slangen. Pulseringer i trykk sammen med luftbobler i vannet kan gi belastning på fisken, som igjen kan virke kvalitetsforringende. Trykket i pumpe slangen ble målt både for å påse at trykket ikke lå i sjiktet for kavitasjon under ombordpumping ved hjelp av vakuum, og for å undersøke hvilke trykkpulseringer som oppstod under ombordpumping ved hjelp av sentrifugalpumpen. En eventuell kavitasjon ved skovlene på sentrifugalpumpen kan gi store lokale trykkforskjeller. Målingene fra pumping med vakuumpumpe viste at når pumpingen kom i gang lå trykket stabilt på ca 65 kilo Pascal (KPa) med svært jevnt trykk og lite pulsering. Ved pumping med sentrifugalpumpe på normalt arbeidstrykk lå trykket på rundt 140 KPa. Målingene viste at det forekommer mer pulseringer for sentrifugalpumpet fisk enn for vakuumpumpen. Dette ble funnet til tross for at slangen som sensoren var tilkoblet rekkebendet med under måling av trykk dempet pulser og høyfrekvente svingninger. Ved pumping på maks hydraulikktrykk steg trykket til om lag 158 KPa. Dette tyder på at motstanden i pumpe slangen var betydelig og utgjorde en stor del av trykkøkningen. Ved maks pumpetrykk (125 bar) ble det observert noe mer høyfrekvente pulseringer. Det ble også observert mye pulseringer idet sentrifugalpumpen ble igangsatt. **Vedlegg 4** viser utdrag fra trykkmålingene.

3.4 Kvalitetsmålinger foretatt ved landanlegg

3.4.1 Andel fangstskader - rund fisk

Et mål på hvor skånsomt fangsten er behandlet kan være skader på rund fisk. Ved landing ble andelen fisk med fangstskader funnet for hver av fiskegruppene, resultatene er vist i **Tabell 6**.

Tabell 6: Andelen fangstskader funnet ved ulike pumper og pumpetrykk.

Tokt nr	Kast nr	Gruppe	Utkast (kg)	Fangst (kg)	% fangstskade
I	1	Vak**	37,7	32800	0,12
I	1	115*	34,1	35600	0,10
I	2	115*	118,9	58800	0,20
I	2	125*	129,1	63300	0,20
II	1	Vak**	8,4	8220	0,10
II	1	125*	27,7	17600	0,16

*pumpetrykk for sentrifugalpumpen oppgitt i bar

**vakuumpumpe

Ved mottakskaret ble det observert en del fisk som var kappet. Når fisk er kappet er det nærliggende å fokusere på lossepumpen. Fisk kan bli skadet i ventilene/klaffene i vanlige lossepumper for pelagisk fisk. Denne kappskaden er typisk for pumper med klaffer og betegnes ofte som "klaffskade" (Digre et al., 2006). Skadens art ble ikke registrert om bord, og i følge skipper Bjørn Sævik oppstår ikke denne typen skade ved hjelp av verken sentrifugalpumpen eller vakuumpumpen. Typiske "klaffskader" ble antatt å oppstå ved ilandføring av fangsten, og derfor utelatt fra den beregnede andelen skader som følge av ombordpumping.

Andelen fangstskader er presentert i **Tabell 6**. Resultatene viser at skadefrekvensen generelt var lav. Den gjennomsnittlige skadefrekvensen for de to testene med vakuumpumpen var 0,1 %, mens sentrifugalpumpen gav en skadefrekvens på henholdsvis 0,15 og 0,18 % for de to pumpetrykkene 115 bar og 125 bar.

3.4.2 Skadefrekvens filet

Andelen blåmerker/blodflekker og bloduttredelse på fileter er et annet mål på hvor skånsomt fangsten har blitt håndtert. Blodflekker og røde haler oppstår i hovedsak ved slag/trykk mens fisken fremdeles er i live. Dette er derfor et godt mål på hvor skånsomt fangsten er behandlet. Noe av skadene vil oppstå i nota, mens andre skader oppstår senere i fangsthåndteringen. Hensikten med denne vurderingen var å undersøke filetkvalitet som følge av pumpeteknologi og -trykk. Den visuelle vurderingen av filetene ble gjort etter at fisken hadde gått igjennom prosesslinja og at fileter med skinn var pakket i 20 kg's pakninger klare for eksport. 4 pakninger fra hver av fiskegruppene (Tokt I: Kast nr. 1: vakuumpumpe og 115 bar; kast 2: 115 og 125bar, Tokt II: Kast 1, vakuumpumpe og 125 bar) ble tatt fra linja ved ulike tidspunkt under produksjonen for å få et tilfeldig utvalg. Hver av pakningene ble sortert i følgende grupper:

- Fine fileter uten blodflekker
- Fileter med rødt haleparti
- Fileter med blodflekker og evt. rødt haleparti

Hver av gruppene ble veid og prosentvis fordeling mellom gruppene ble beregnet.



Figur 9: Sortering av fileter i tre ulike klasser. (A) Fine fileter, (B) Fileter med røde haler og (C) Fileter med blodflekker.

Andelen røde haler og blodflekker var forholdsvis høy for alle gruppene. En oversikt over resultatene for hver av gruppene er vist i **Tabell 7**.

Tabell 7: Oversikt over % andel fisk gradert som (A) fine fileter, (B) fileter med rød hale og (C) fileter med flere blodflekker, i de ulike fangstgruppene beregnet på grunnlag av 4 × 20 kgs kasser ferdig pakket filet. (Gjennomsnitt ± standardavvik)

Kast nr	Lokalitet	Fangstgruppe	Vekt% filet fordelt mellom gruppene		
			Fine fileter	Røde haler	Blodflekker
1	Bodø	Vakuum	79,7±7,3	10,7±3,7	9,7±3,8
1	Bodø	Sentrifugalpumpe – 115 bar	81,8±1,7 ^a	9,6±2,1	8,6±1,7
2	Bodø	Sentrifugalpumpe – 115 bar	83,4±3,1 ^b	10,1±3,1	6,4±4,2
2	Bodø	Sentrifugalpumpe – 125 bar	77,2±2,5	12,8±2,7	10,0±2,3
1	Måløy	Vakuum	57,3±8,6	29,5±11,6	13,2±4,4
1	Måløy	Sentrifugalpumpe – 115 bar	63,6±6,1	21,5±5,5	14,9±4,2

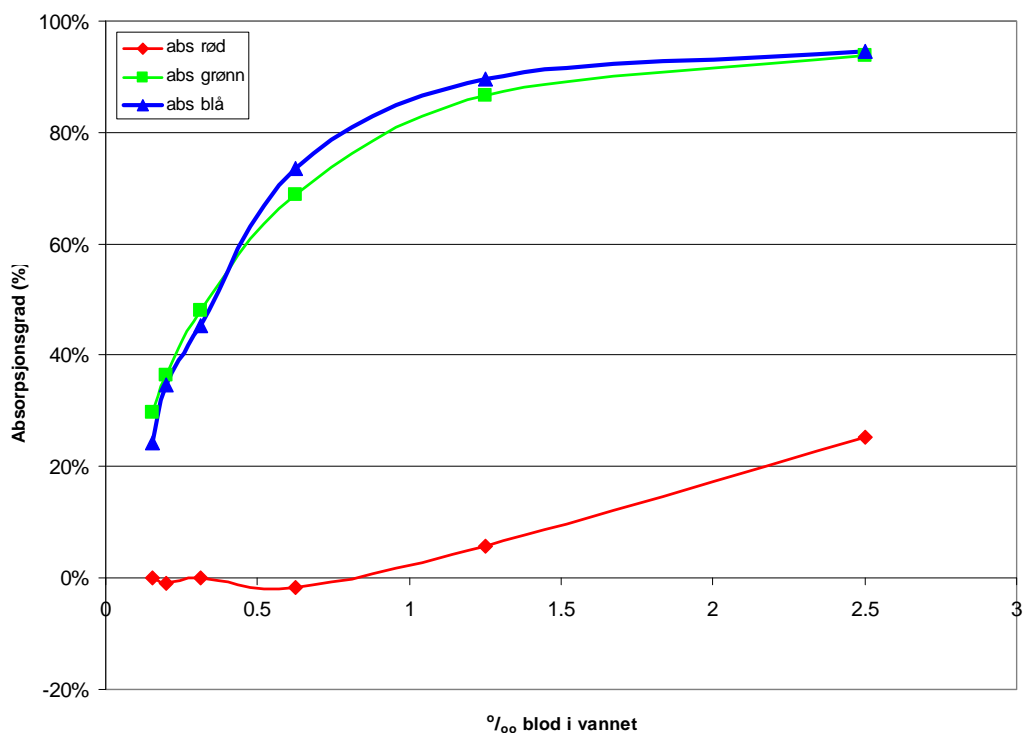
^{a, b}ulik bokstav indikerer signifikante forskjeller vertikalt mellom fangstgruppene (Enveis variansanalyse (ANOVA))

Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom andelen røde haler eller blodflekker for vakuumpumpet og sentrifugalpumpet fisk. Problemer med røde haler og blodflekker er svært vanlig hos sild og disse merkene oppstår sannsynligvis også under fangstprosessen når silda ”koker” i nota. Valg av pumpe er derfor muligens ikke viktigste faktor for å unngå denne typen skade.

Resultatene viser at andelen fileter med røde haler og blodflekker var høyere for fisk fra Tokt II (Måløy). Årsaken til dette kan være størrelsen på kastet eller værforhold, men det kan også være den subjektive vurderingen som varierte fra ett tokt til et annet. Vi anbefaler derfor maskinsyn som en objektiv analyse av rødfarge på filetene.

3.5 Vannanalyser

Vannprøver ble tatt på ulikesteder i fangsthåndteringen. Kvaliteten på vannet gir en indikasjon på hvor skånsom fangsthåndteringen er. Analysen er en forenklet spektrofotometrisk måling. Ved å sammenligne absorpsjonen av lys i en vannløsning over forskjellige bølgelengder av lys kan mengden blod i vannet estimeres. Metoden er følsom i et begrenset område og tar ikke så godt hensyn til at det kan være andre forurensninger i vannet, men resultatene gir en indikasjon på hvor mye blod som fisken mister og partikler som løsrives fra fisken under pumping. For at målingene skal være riktige bør de helst sees i sammenheng med tall fra fisketelleren, da forholdet mellom vann og fisk påvirker forventet konsentrasjon av blod og partikler. Referanseprøver av sjøvann og kjent mengde fiskeblod ble preparert for kalibrering. Kalibreringskurven er vist i **Figur 10**.



Figur 10: Absorpsjon av rødt, grønt og blått lys som funksjon av blod i sjøvann.

Figur 10 viser absorpsjon av lys med forskjellig bølgelengder. Absorpsjon av rødt gir respons fra om lag en promille og sannsynligvis opp mot ti promille. Grønn og blå gir ganske lik absorpsjon. Det meste av blått og grønt lys absorberes under to promille og gir dermed en god indikasjon på blodinnhold i vannet. Denne responskurven kan brukes til å estimere blodinnhold i vannprøver. Vannprøvene som ble tatt ut fra pumpevannet hadde imidlertid i mange tilfeller for lite blod til at de ga noe respons (mindre enn 0.15‰).

Tabell 8: Oversikt over vannprøvene, absorpsjonsgrad for rød, grønn og blå, og det estimerte blodinnholdet.

Kast nr	Pumpe- Trykk	Prøve ID	Abs. rød	Abs. Grønn	Abs. blå	Estimert blodinnhold (%)	Kommentar
I	*	Vakuum	-	-	-	-	-
I	*	Vakuum	-	-	-	-	-
I	*	Vakuum	-	-	-	-	-
I	*	Vakuum	-	-	-	-	-
I	*	Vakuum	0,9 %	1,3 %	3,2 %	<0,46	-
I	115	Sentrifugal	4,0 %	2,3 %	1,4 %	<0,1	Absorpsjon av rød tyder på partikler og slim i vannet
I	115	Sentrifugal	-	-	-	-	-
I	115	Sentrifugal	-	-	-	-	-
I	115	Sentrifugal tank	0,4 %	36,7 %	34 %	0,225	God korrelasjon
I	*	Vakuum tank	2 %	3 %	3 %	<0,03	-
II	115	Sentrifugal	61,6 %	84,7 %	85,2 %	<1	Høy absorpsjon av rød tyder på mye partikler og slim i vannet
II	115	Sentrifugal	4 %	5,7 %	5,3 %	<0,05	-
II	115	Sentrifugal	27 %	33 %	32 %	<0,2	Høy absorpsjon av rød tyder på mye partikler og slim
II	125	Sentrifugal	24 %	27 %	28 %	<0,15	Noe høy absorpsjon av rød tyder på partikler og slim
II	125	Sentrifugal tank	22 %	40 %	44 %	<0,25	Høy absorpsjon av rød tyder på mye partikler og slim
II	115	Sentrifugal tank	23 %	81 %	82 %	<0,9	Noe høy absorpsjon av rød tyder på partikler og slim

- ingen absorpsjon

*ikke relevant

Tabell 8 viser resultatene fra vannprøvene tatt fra pumpevannet under ombordpumping. Pumpevannet med vakuumpumpingen hadde svært lite blod i vannet, og kun mot slutten av pumpetiden kunne blodet i vannet detekteres. Det samme gjaldt sentrifugalpumpen i det første kastet. Prøvene som ble tatt fra lagringstankene viste at vannet fra sentrifugalpumpen inneholdt mer blod enn vannet fra vakuumpumpen. En vesentlig forskjell i oppsettet for de to pumpeteknologiene må igjen nevnes: For *sentrifugalpumpen* ble pumpevannet silt av i silkassen, og fisken ble lagret i forkjølt sjøvann. Dette betyr at blodet i tanken kom fra fisken etter at den ankom lagringstanken. For *vakuumpumpet* fisk ble ikke silkassen benyttet, og pumpevannet ble derfor blandet med forkjølet vann på tanken. Til tross for disse forskjellene i oppsett er det grunn til å anta at den lavere blodmålingen delvis skyldes mer skånsom behandling da pumpevannet heller ikke inneholdt betydelig mengder blod.

4 Oppsummering og konklusjon

Måleresultater og observasjoner gjort om bord og ved landanlegg tyder på at vakuumpumpe kan ha potensial til å redusere andelen fileter med blodflekker noe sammenliknet med sentrifugalpumpe, som i dag blir benyttet om bord på M/S Kings Bay. Problemer med røde haler og blodflekker er imidlertid svært vanlig hos silda og disse merkene oppstår sannsynligvis i størst grad under fangstprosessen når silda ”koker” i nota. Andelen skadet rundfisk vurderes til å kunne reduseres ved bruk av vakuumpumpe. I begge tilfeller forutsettes det imidlertid en ny og optimal utforming av anlegget om bord. En betraktelig nedkortet transportvei fra not til RSW-tank og begrensning av antall bend vil være nødvendig. Et utdrag av resultatene er gitt under:

Nedkjølingshastighet i lagringstankene: Temperaturloggene fra lagringstankene etter ombordtaking av fisken indikerer at nedkjølingstiden var omtrent den samme (4-5 timer) for vakuumpumpet og sentrifugalpumpet fisk.

Overlevelsesrate: Vakuumpumpen gav noe høyere overlevelsesrate enn sentrifugalpumpen. I tillegg til pumpeteknologi spiller sannsynligvis andre faktorer som mengde fisk i nota og tiden fisk ble holdt i nota før ombordtaking inn på resultatet.

Redskaps- og pumpe-skader: Vakuumpumpet fisk hadde betydelig lavere andel skader på skinn sammenliknet med sentrifugalpumpet fisk.

Måling av blod i pumpevann: Metoden gav en rask, rimelig og kvantitativ måling av blodvann, og det antas at metoden kan brukes som en indikasjon på blod i vannet og dermed skånsomhet ved håndtering av fisken. Mengden blod i pumpevannet var under den detekterbare grensen for begge pumpeteknologiene. Mengden blod i vannet fra lagringstankene var signifikant høyere for fisk pumpet med sentrifugalpumpe sammenliknet med vakuumpumpe.

Bloduttredelse/blodflekker på filet: Det ble ikke funnet signifikante forskjeller i andelen fileter med blodflekker eller røde haler mellom fisk med de to pumpeteknologiene og ved ulike pumpetrykk.

Skadet rundfisk etter landing av fangsten: Den gjennomsnittlige skadefrekvensen på rund fisk etter landing var 0,1 % for vakuumpumpet fisk, mens sentrifugalpumpen gav en skadefrekvens på henholdsvis 0,15 og 0,18 % for de to pumpetrykkene 115 bar og 125 bar.

Trykket i pumpe-slengen under ombordpumping: Trykkmålinger i pumpe-slengen viste at vakuumpumpen gav et jevnt trykk med lite pulseringer. For pumpingen med sentrifugalpumpe ble noe høyere andel pulsering målt, spesielt i forbindelse med start og stopp av pumpe.

Det må tas med i betraktning at andre faktorer som hvilken del av kastet som testes, værforhold og størrelse på kastet også spiller en rolle for resultatene.

Til videre arbeid foreslås følgende:

Automatisert måling på filet: Digitale bilder kan gi et objektivt bilde av bloduttredelse/blodflekker på fileter. Dette muliggjør en automatisk kvantitativ måling av andelen røde fileter. En slik måling kan utføres ved at et linjeskann kamera plasseres over et transportbånd hvor filet fortløpende legges på en etter en slik at alle filetene blir avbildet. Dette vil gi mulighet til å analysere en betydelig mengde av fangsten sammenliknet med manuell sortering.

Sensorfisk: En ”sensorfisk” plassert i nota som logget trykk, temperatur og g-kraft under all håndtering og lagring til lossing ved kai kunne gi ny verdifull informasjon om påkjenningene fisken utsettes for på tur fra nota og helt inn i tanken, slag fra skovler, slag i bend, pulseringer, etc.

Referanser

Aursand, I. G. & Gallart-Jornet, L. (2008). Skånsom pumping av pelagisk fisk fra not til fartøy – Sammenlikning av to pumpeteknologier. SINTEF rapport SFH80 F085028. Fortrolig.

Digre, H., Jansson, S., Martinez, I., I. G. Aursand, Levsen, A., Lunestad, B. T., Eyjolfsson, B. & Kjerstad, M., 2006. Sluttrapport, Pelagisk kvalitet fra hav til fat. SINTEF rapport SFH80 A065002.

Lekang, O-I og Fjæra, S.O. (1997) Teknologi for akvakultur, Landbruksforlaget. ISBN 82-529-1789-5.

SINTEF, NIFES, Møreforskning & FHL (2006). Kvalitetshåndbok for pelagisk fisk. Tilgjengelig på FHL sine nettsider <http://www.fhl.no/book/>

Vedleggsliste

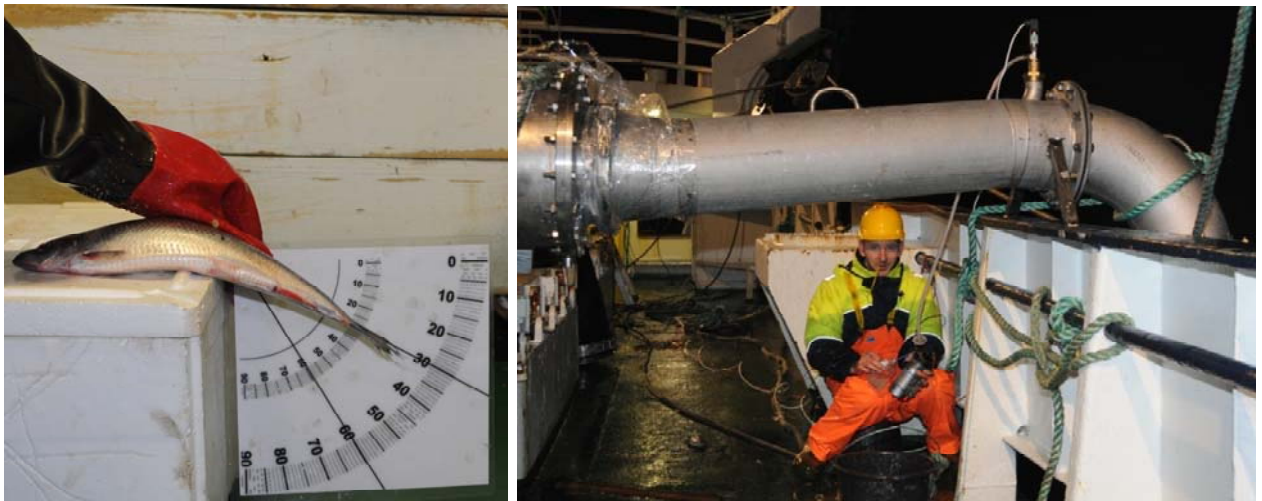
Vedlegg 1: Bilder fra toktet

Vedlegg 2: Kvalitetskontroll av rund NVG sild

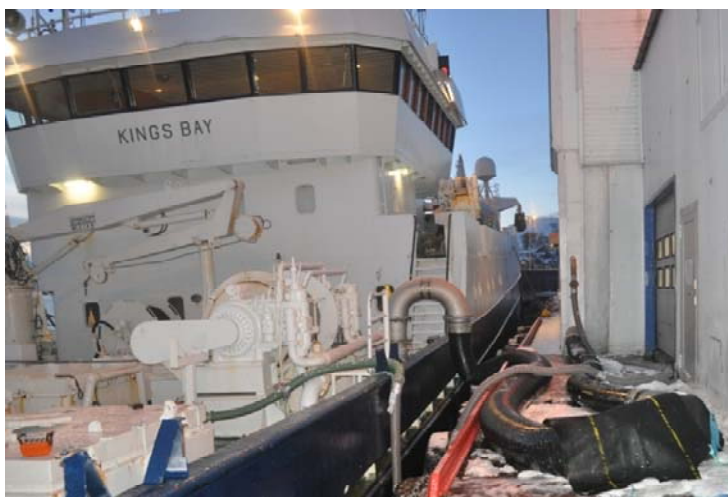
Vedlegg 3: Temperaturlogger fra mannskapets egne termometer

Vedlegg 4: Trykkmålinger

Vedlegg 1: Bilder fra toktet



Bilde V1.1: Til venstre: Rigormåling, gradeskiva viser rigorstyrke Til Høyre: Måling av trykkpulseringer hvor trykkmåleren er koplet til rekkebendet.



Bilde V1.2: Øverst: Ilandpumping av fisk. Nederst: Wire med temperaturloggere fra bunn til topp i lagringstanken.



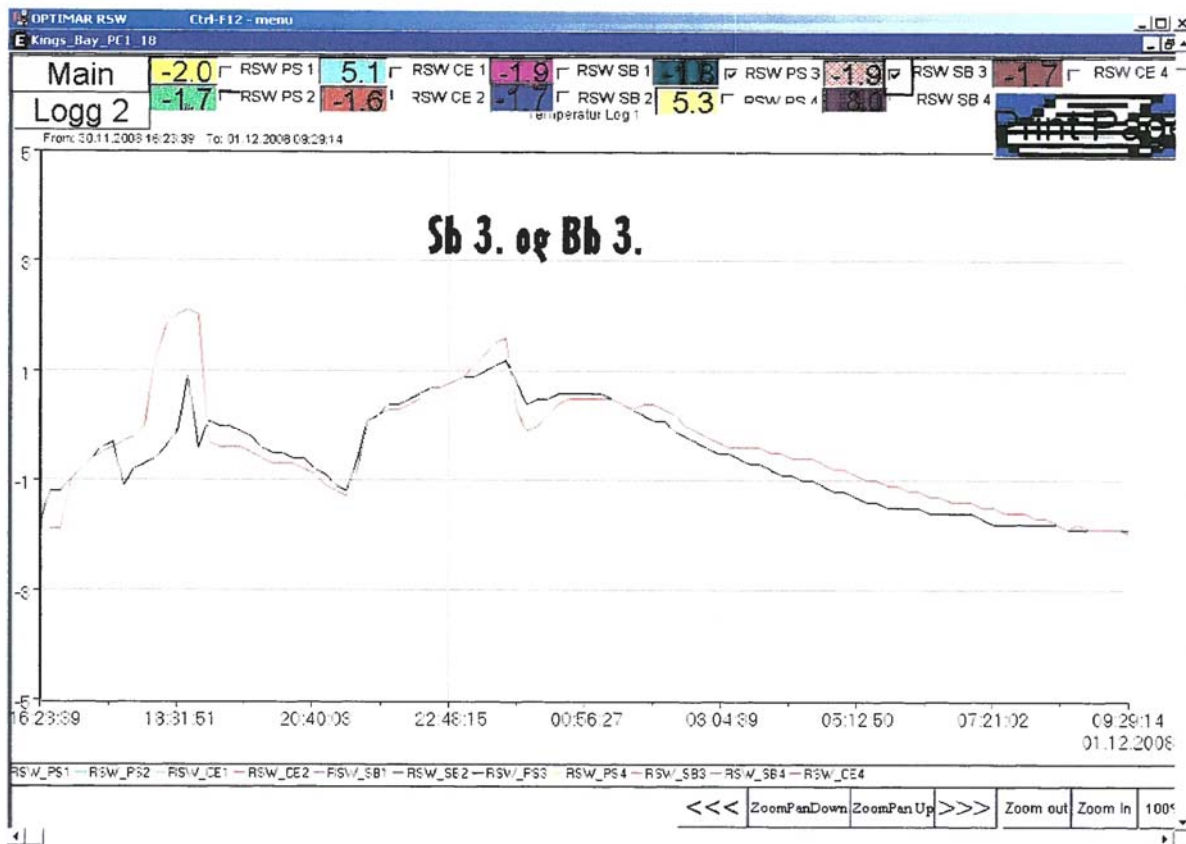
Bilde V1.3: Øverst: Silda i nota, kast 1, tokt I. Oppkopling av slangen til vakuumpumpen.
Nederst: Ombordpumping av fisk ved hjelp av sentrifugalpumpen.



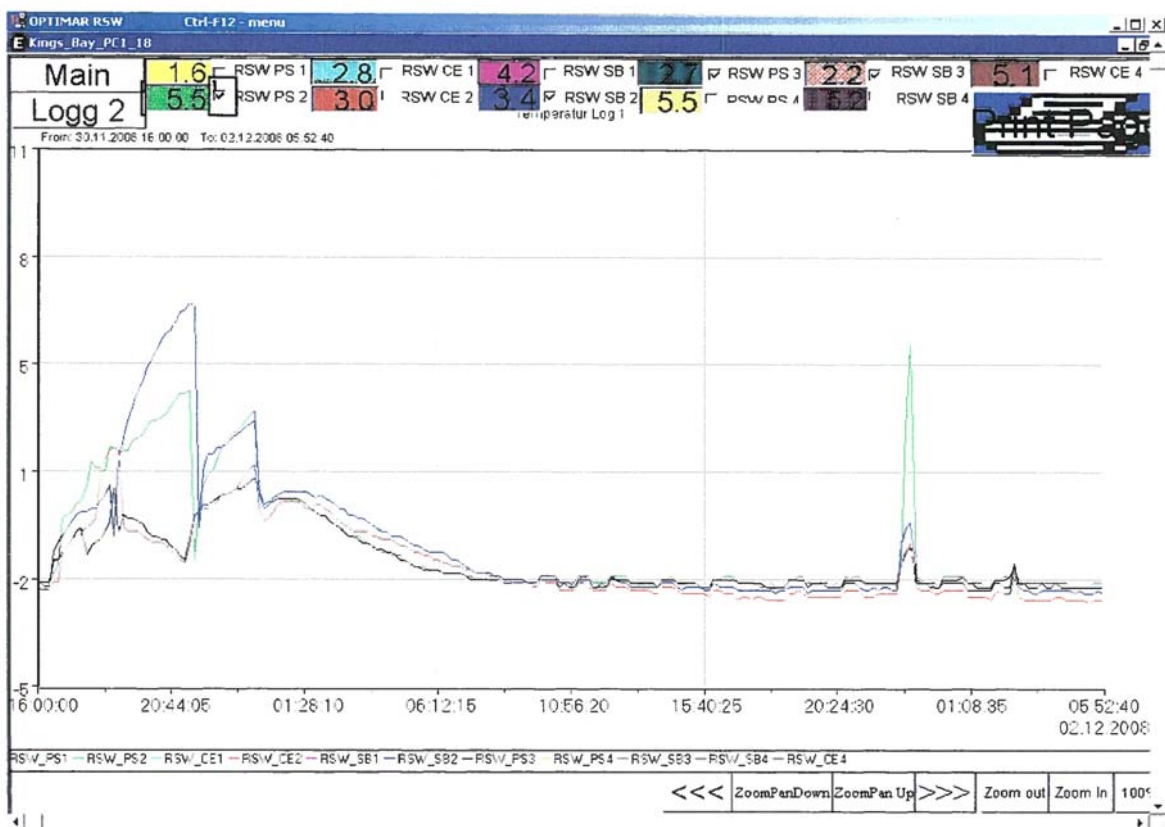
Bilde V1.4: Øverst til venstre: Utsortering av skadd fisk etter landing (Tøkt I). Øverst til høyre og nedre bildepanel: Typiske skader.

Vedlegg 2: Kvalitetskontroll av rund NVG sild

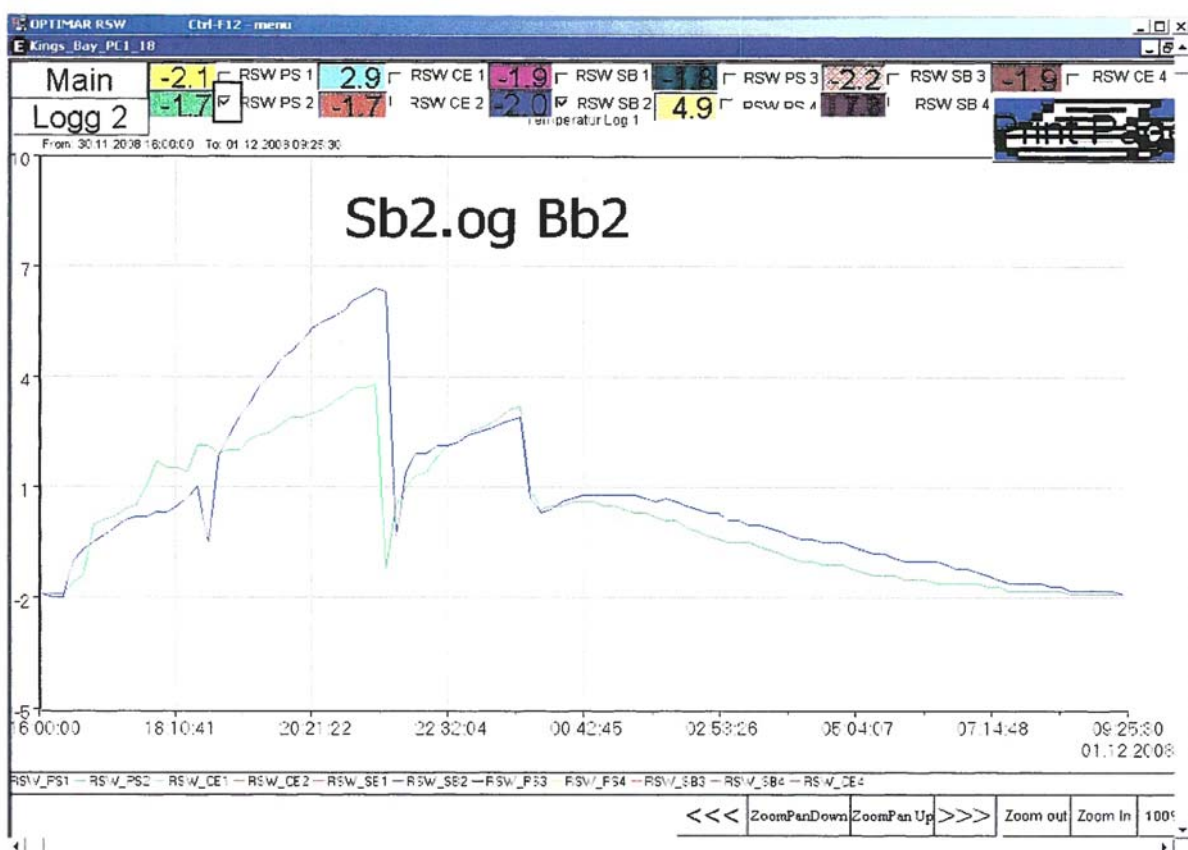
Parameter	Beskrivelse	Poengskala	Antall
Redskapsskader	Skader på skinnenet/skjelltap	0: Ingen synlige merker (striper) på skinnenet	
		1: Synlige merker i skjell/pigment	
	Skader på finner	0: Ingen synlige merker på finnene	
		1: Synlige merker på finenne	
Klemskader (knusing)	Klemming i redskap eller ved ombordtaking	0: Ingen skader	
		1: Synlige klemskader	
		2: Fisken er ødelagt og blir sortert ut (vrak)	
Synlige bloduttredelser	Farge (blod) på skinnenet	0: Ingen spor av rød misfarging	
		1: Rødfargede områder	
	Farge (blod) på øye	0: Ingen spor av rød misfarging	
		1: Rødfargede områder	
		2: Røde øyne	
	Farge (blod) på Gjellelokk	0: Ingen spor av rød misfarging	
		1: Rødfargede områder	
	Farge (blod) på finner	0: Ingen spor av rød misfarging	
1: Rødfargede områder			

Vedlegg 3: Temperaturlogger fra mannskapets egne termometer


Figur V3.1: Temperaturlogg for lagringstankene styrbord 3 og babord 3.

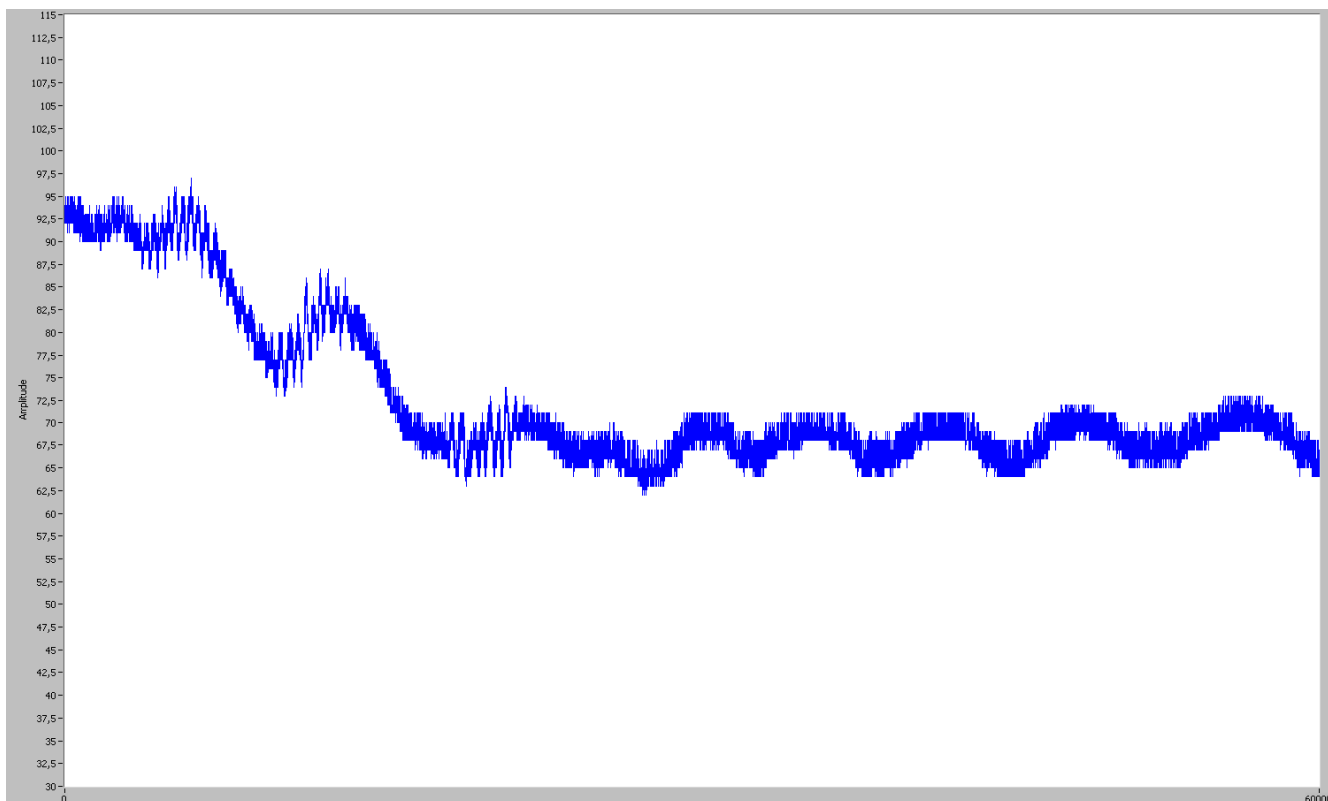


Figur V3.2: Temperaturlogg for alle lagringstankene fra ombordtaking til levering.

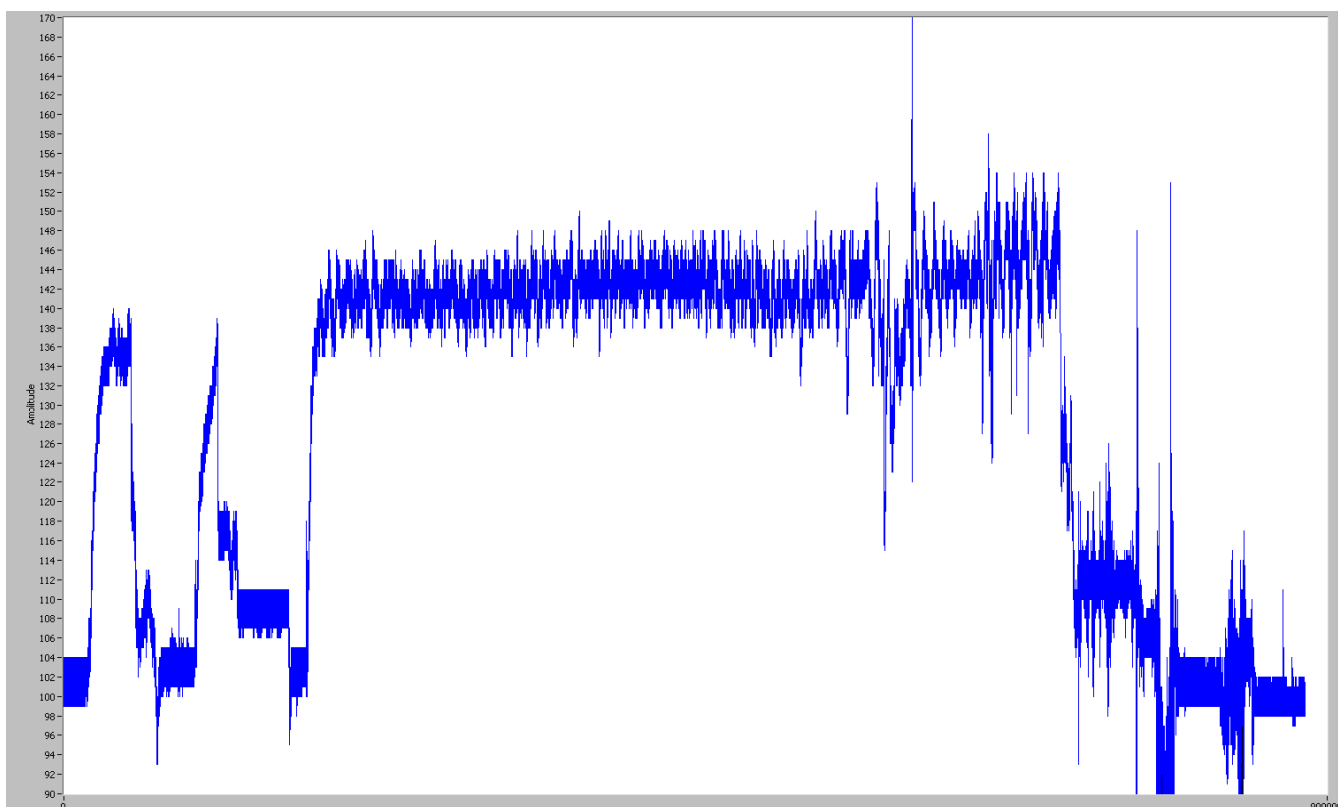


Figur V3.3: Temperaturlogg for lagringstankene styrbord 2 og babord 2.

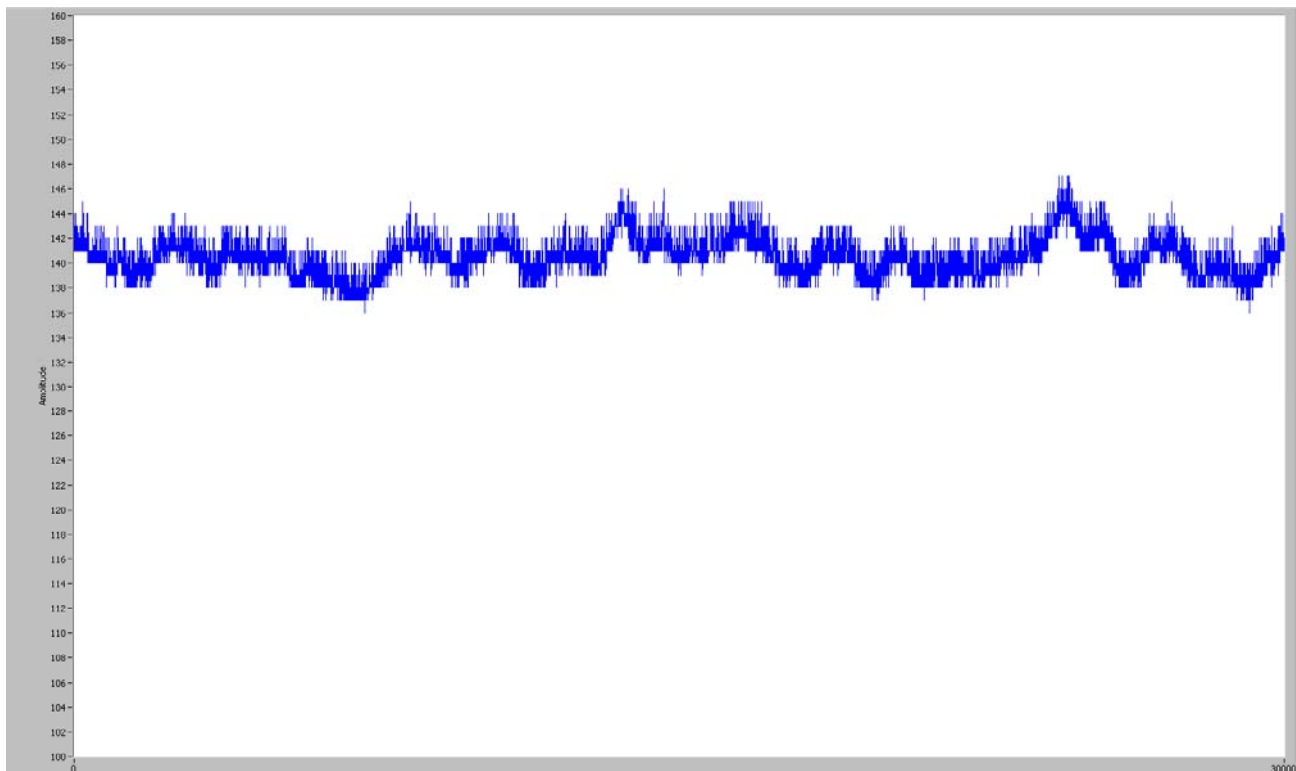
Vedlegg 4: Trykkmålinger



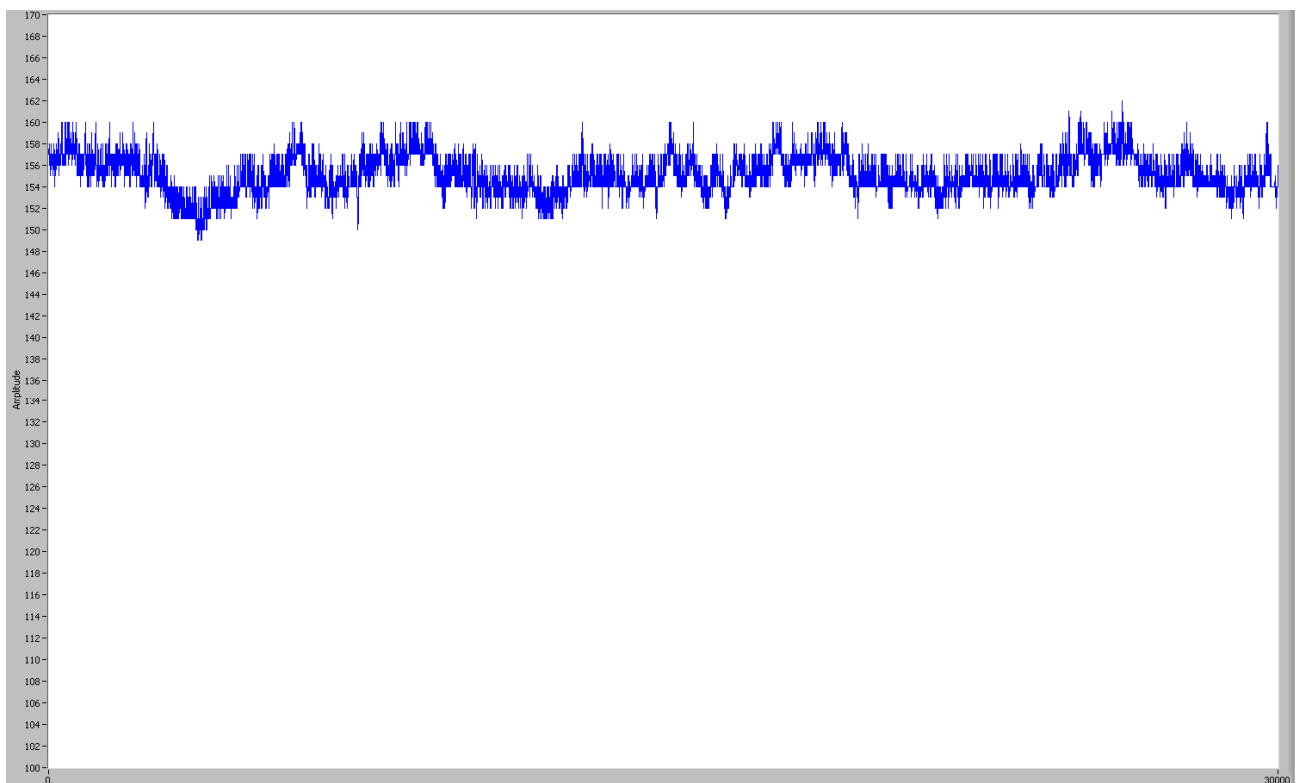
Bilde 1: 1 minutt lang sekvens. Viser stabilt trykk ved pumping med vakumpumpe. Noe variasjoner i trykket som følger av at båten ruller (variabel pumpehøyde).



Bilde2: Igangsetting av sentrifugalpumpe klokken 1844 og 15 minutter ut. Pumpen har først litt problemer med å komme i gang, og når den kommer i gang svinger trykket med ca 10kPa.



Bilde 3: Utsnitt fra forrige logg, som viser fra kl 1848 og 30 sekunder etter. Trykket er forholdsvis stabilt og en del høyfrekvente svingninger er synlig til tross for at signalet er dempet av målemetoden.



Bilde4: Tilsvarende 30 sekunders utsnitt fra stabil pumping med maks hydraulikktrykk. Høyfrekvente svingninger er ganske likt. Trykket er nå om lag 14 kPa høyere noe som indikerer at den økte gjennomstrømningen gir økt trykkfall i pumpeplengen som følger av motstand.