

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005350
Telefaks:

fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Prosjektnotat

Arbeidsreferat – Forsøk for løsteomveltning i RSW tank

Resultater fra testing med tiltak for løstomveltning i RSW-tanker

VERSJON
V 2.0

DATO
2012-03-13

FORFATTER(E)
John André Fossum

OPPDRAGSGIVER(E)
FHF

OPPDRAGSGIVERS REF.
Rita Naustvik Møråk

PROSJEKTNR
850376 (FHF #900643)

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
14

SAMMENDRAG

De faktiske strømningsmønstrene som i dag oppstår i RSW tanker med råstoff, er relativt ukjent. Derfor blir det nå satt fokus på dette området, blant annet gjennom dette FHF finansierte prosjektet som utføres av SINTEF.

I et forsøk på å heve kunnskapen rundt strømningsproblematikken som forekommer i RSW-tankene ble det satt opp forsøk ved SINTEF SeaLab. Resultater og detaljerte beskrivelser av forsøket på RSW strømningsmønster i tank med NVG sild er beskrevet videre i dette notatet. Det ble også forsøkt å bryte opp strømningsmønstrene ved å tilsette luft under fiskemassen.

Målet med forsøket var å se på de faktiske forholdene som oppstår, samtidig som mulige metoder for å bryte de faste strømningsmønstrene i fiskemassen ble undersøkt. Resultater fra forsøkene, og gjennomføringen er beskrevet videre i dette notatet.

UTARBEIDET AV
John A. Fossum

GODKJENT AV
Marit Aursand

PROSJEKTNOTAT NR
850376-02

SIGNATUR



SIGNATUR



GRADERING
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
V 0.1	2012-02-22	Sammensetning av resultater
V 1.0	2012-03-06	Revidert
V 2.0	2012-03-13	Revidert

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	4
1.1	Tanker og sirkulasjon	4
1.2	Sirkulasjonsmønster	4
2	Metode	5
3	Forsøksoppsett	6
3.1	Tankutforming	6
3.2	Rørinnsats	7
3.3	Pumpe og vanntilførsel.....	8
3.4	Lufttilførsel.....	8
3.5	Kamera	9
4	Forsøk	10
4.1	Forsøksplan.....	10
4.1.1	Pumpekapasiteter.....	10
4.2	Forsøksobservasjoner	11
5	Fartøysdata fra dagens flåte	13
5.1	Kapasitetsbetraktninger	13
6	Diskusjon	14
6.1	Forsøksbetraktninger.....	14

BILAG/VEDLEGG

1 Bakgrunn

Det har ikke foregått norsk FoU aktivitet av omfang innen teknologi på området siden ”Tankutvalget” (ca. 1970). Aktiviteten ved NTH/SINTEF, med målinger ombord i fartøyene viste da et betydelig forbedringspotensial med forbedret teknologi og nedkjølingsrutiner. Dette gjelder trolig også for dagens fartøy. Både fartøy og foredlingsanlegg vil med lengre holdbarhet og/eller bedre kvalitet oppnå bedre lønnsomhet. En ny gjennomgang av anleggene om bord og behandling ved fangst og spesielt hvordan de utnyttes, er viktig for hele næringen. Øket holdbarhet kan trolig oppnås ombord og på land ved nedkjøling til 1 - 0°C, eller -1,0/-1,5 °C for anvendelser hvor litt stivhet i fisken ikke gir problem ved videre bearbeiding. Optimale lagringstemperaturer og teknologiske løsninger for å oppnå dette, avhengig av råstoff og anvendelse, er fortsatt lite undersøkt.

Det har vært store endringer både på fartøy og landsiden siden RSW teknikken ble allment tatt i bruk. Båtene som benyttes i dag har først og fremst blitt mye større og derved har tankvolumene økt betydelig fra undersøkelsene som ble gjort. Selv om formen på tanker, rørarrangement, sirkulasjon, mv. ikke er veldig forskjellige, vil oppskaleringen ha betydning for strømningsforhold og derved temperaturforhold.

1.1 Tanker og sirkulasjon

Totalt lagringsvolum er vanligvis delt i flere tanker med varierende utforming og volum. Dette gir igjen store variasjoner strømningsmønster og effektiv nedkjøling. Tankformene fører ofte til at strømningsforholdene er vanskelig å styre med hensyn på jevn temperaturfordeling og vannhastighet. Plassering og størrelse av sugerist er derfor svært viktig for å få gunstig strømning. Aktuelle løsninger om bord i fartøyene bør registreres og forholdene vurderes, fortrinnsvis bør det gjennomføres simulering på tom tank og målinger med last. Strømningsforholdene med last vil være avhengig av fiskeslag, ferskhet (rigor, flyter/synker i sjø) og fisketetthet (volum % med fisk).

1.2 Sirkulasjonsmønster

For å heve kunnskapen om hvordan vann strømmer i RSW tanker om bord, ble det laget et forsøksoppsett ved SINTEF Fiskeri og havbruk (SFH). Dette ble gjort i et forsøk på å simulere de faktiske forhold om bord i RSW tanker, og for å se på effekten av forskjellige strømninger og metoder for endring av disse. Man kjenner lite til hvordan vannet i dag fordeler seg gjennom lasten, og hvordan temperaturen forplanter seg i fisken etter om bord taking. I prosjektet ble det gjennomført en undersøkelse blant utvalgte båter i flåten, for å avdekke driftsrutiner og se på kvalitetserfaringer fra hver enkelt båt. Her kommer det frem at fartøy som ikke har hatt inngående kontroll på lasten, mener kjernetemperaturen på fisken er god ved levering, og at de som faktisk har gjort innsats for å finne ut av dette har avdekket variasjoner på inntil 2°C i kjernetemperatur på fisken. Dette forteller oss at strømningene i lasten ikke er optimal, og at det må legges ned en betydelig innsats i et forsøk på å øke kunnskapen på dette feltet. Noen av de erfaringer som ble gjort under laboratorieforsøk utført ved SFH vil her bli presentert.

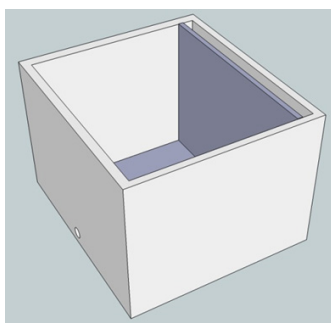
2 Metode

For å være i stand til å utføre nedskalerte forsøk på RSW systemer og tanker, ble det bygget en testrigg ved SINTEF SeaLab. Her har man fri tilgang til saltvann og trykkluft som var nødvendig for å kjøre forsøkene. Det ble bygget et oppsett med RSW kar og rørinnsatser med varierende grad av perforering. En hastighetsregulert vannpumpe forsynte innsatsene med saltvann fra bufferkar. Diffusorer ble benyttet for å tilsette luft i blandingen i et forsøk på å bryte opp typiske strømningsmønstre i karet.

Den ene veggen inne i karet besto av pleksiglass plassert 300mm fra den ene sideveggen. Gjennom vindu i siden av tanken kunne man observere hva som skjer langs veggen / grensesjiktet i en RSW tank fylt med sild. Det ble brukt kamera for å filme disse hendelsene under forsøkene. På filmene som ble tatt under forsøkene ser man over tid noe av fargestoffet i øverste del av sjiktet, men dette er ikke fremtredende. En annen observasjon som ble gjort er at rist og andre partikler i vannet virvler og forflytter seg tydelig når vi tilfører luft til karet. Dette tyder på en økt strømningsaktivitet i hele karet.

3 Forsøksoppsett

Det ble bygget et tankoppsett ved SINTEF SeaLab i et forsøk på å simulere vanngjennomstrømning i en reell RSW tank. Utgangspunktet var en kvadratisk tank med innvendige mål på 970x780x1000. Målene tilsvarer et reelt volum på 0,760m³ (760liter). Det ble satt inn et rørarrangement og benyttet en pumpe til å forsyne disse rørene med saltvann. For å se utviklingen av strømmingene ble det tilsatt melk direkte i pumpeslangen.



Figur 1: Konseptskisse av tank (SINTEF, 2011)

3.1 Tankutforming

Under forsøkene ønsket vi blant annet å se på grensesjiktet ved tankveggen. Derfor ble det satt inn en gjennomsiktig plexiglassplate i en avstand på 300mm fra den ene veggen. Denne modifikasjonen gjorde oss i stand til å filme og observere hele sideveggen under forsøkene. Samtidig ble det tatt et hull i selve tankveggen for å kunne filme de faktiske forhold som oppstår langs grensesjiktet. Dette er illustrert i Figur 2.



Figur 2: Tankarrangement med skillevegg og rørinnsats (SINTEF, 2011)

Modifikasjonene i tanken resulterte i en tilnærmet kvadratisk formet tank med målene 670x780x1000 tilgjengelig for fylling med fisk. I dette tilfellet ble det brukt NVG sild, da de legger seg tettere i forhold til makrell for eksempel, og fører til dårligere / vanskeligere gjennomstrømning.

3.2 Rørinnsats

I Figur 2 ser vi også rørinnsatsen som ble laget for forsøkene. Disse består av 3 rør-sløyfer med individuelle manuelle ventiler på hver sløyfe. Under konstruksjon og dimensjonering av disse sløyfene, ble det valgt rør med en indre diameter på 21mm. For å sikre oss en god gjennomstrømning i selve karet ble det derfor laget hull / perforeringer langs bunnrøret. Disse ble dimensjonert slik at det totale arealet på hullene ikke er større enn arealet på innløpsrøret. Samtidig ble det også valgt å bruke 2 hulldimensjoner på bunnrørene. Arealberegningene ble som følger:

- Rør tverrsnittsareal: $\pi r^2 = 3,14 * \left(\frac{21mm}{2}\right)^2 \approx 346mm^2$

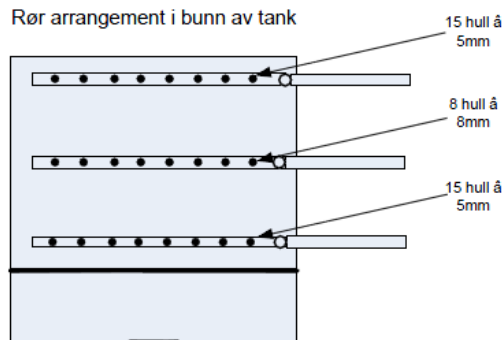
Basert på dette ble det besluttet å bruke 15 hull på siderørene, og 8 hull på midtrøret.

1. $\frac{346mm^2}{15} \approx 23mm^2$ (pr hull)
2. $\frac{346mm^2}{8} \approx 43mm^2$ (pr hull)

Ved å snu på arealformelen får vi følgende utregning for radius:

$$A = \pi r^2 \rightarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \rightarrow D = 2r$$

1. $r_1 = \sqrt{\frac{23mm^2}{3,14}} \approx 2,7mm \rightarrow D_1 \approx 5,4mm$
 - a. For å holde arealet mindre ble det derfor boret 15 hull å 5mm pr siderør.
2. $r_2 = \sqrt{\frac{43mm^2}{3,14}} \approx 3,7mm \rightarrow D_2 \approx 7,4mm$
 - a. Her ble det boret 8 hull å 8mm på midtrøret.
 - b. Dette tilsvarer et noe større hullareal enn rørareal



Figur 3: Illustrasjon av rørinnsats (SINTEF, 2011)

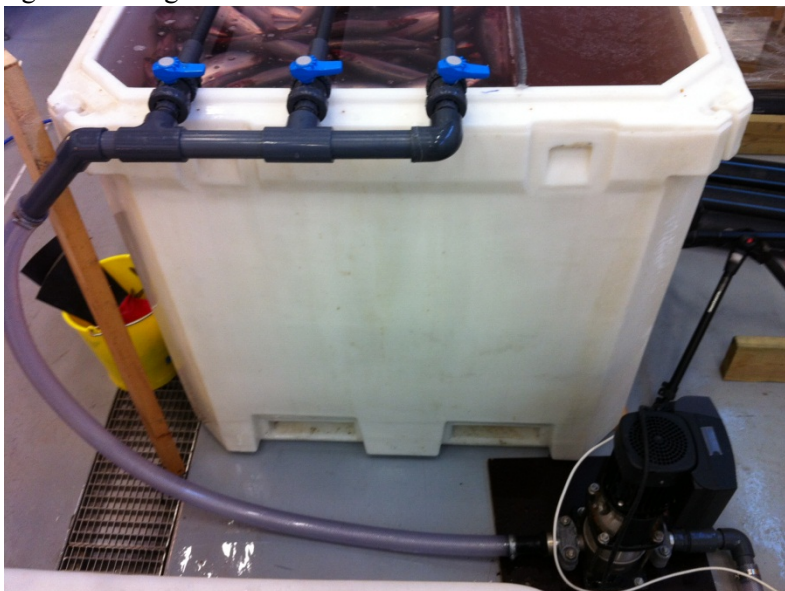
På r_2 ble det ved en feil valgt bor med $D_2 = 8mm$ isteden for 7mm. Dette resulterte i at det totale hullareal er noe større enn rørareal i innstrømningen. Under testing av strømning før det ble tilsatt fisk i karet, fikk vi jevn strømning også fra midtrøret.

Summert hullareal hadde følgende faktor i forhold til rørareal:

- $r_1 \rightarrow \frac{\Sigma A_{r_1}}{A_{rør}} = \frac{15 * 19,6mm^2}{346mm^2} = 84,9\%$
- $r_2 \rightarrow \frac{\Sigma A_{r_2}}{A_{rør}} = \frac{8 * 50mm^2}{346mm^2} = 115,6\%$

3.3 Pumpe og vanntilførsel

For å sikre tilstrekkelig vanntilførsel ble det benyttet et bufferkar med sjøvann, og en pumpe for å forsyne rørene med tilstrekkelige vannmengder.

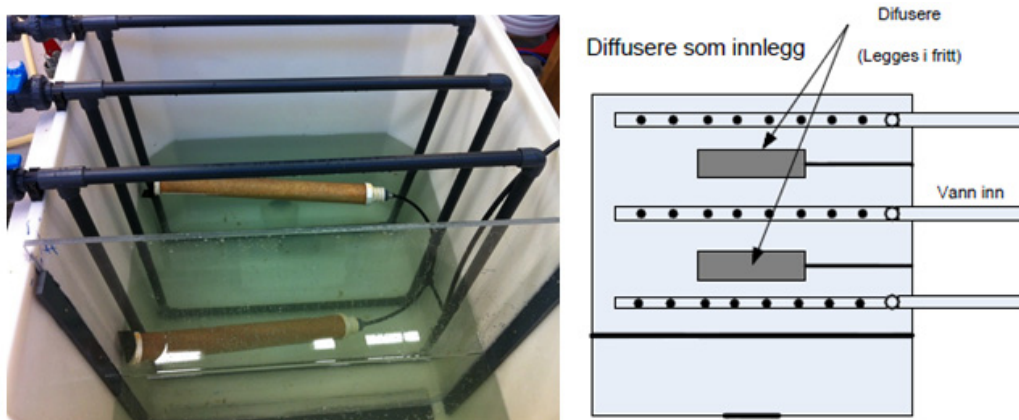


Figur 4: Forsøkstank med vannforsyning fra pumpe (SINTEF, 2011)

Pumpen er levert av *Grundfos*, og hadde trinnregulering på 10 forskjellige nivåer. For presist å finne ut hvor mye vann som strømmet gjennom rørene, ble det gjort fyllingsforsøk i tomt kar, der vi brukte volumberegning på karet for å bestemme liter / minutt pumpen leverte ved de forskjellige oppsettene. Denne tabellen er vist i kapittel 4.1.1 (Tabell 2: Pumpekapasiteter). Karet ble satt noe skjevt på gulvet slik at det fikk et naturlig overløp av vann.

3.4 Lufttilførsel

Det ble valgt å kjøre forsøkene med diffusorer lagt inn i bunnen av forsøkskaret. Det ble benyttet 2 diffusorer av ukjent type som ble plassert mellom rørene i bunnen av tanken. Disse ble forsynt med trykkluft, og diffunderte små luftbobler langs overflaten. Størrelser på bobler, og mengde luft avhenger av forsyningstrykket. Under forsøkene ble dette kun justert manuelt. Prinsipp og bilde fra forsøk er illustrert i Figur 5. (Diffusere ble senket til bunnen av karet før forsøk med fisk)



Figur 5: Diffusere (SINTEF, 2011)

3.5 Kamera

For å se på hendelsesforløpet, ble det satt opp et kamera for å filme pleksiglassveggen. Et speilreflekskamera av typen *Nikon D90*, med filmfunksjon, ble benyttet til dette. For å se så mye som mulig av veggen, gjennom luken i karet, ble kameraet utstyrt med et vidvinkelobjektiv av typen *Nikon AF-S DX NIKKOR 10-24MM F/3.5-4.5G ED*. Dette har 10mm brennvidde og en 109° diagonal synsvinkel. Pleksiglasset i tanken ble plassert på en slik måte at store deler av grensesjiktet ble synlig gjennom objektivet.



Figur 6: Kamera plassert i observasjonshullet og dekket med plast for å unngå refleksjoner (SINTEF, 2011)

4 Forsøk

Vi valgte å fokusere på strømningsmønster i tank med NVG sild. Det ble derfor kjøpt inn fersk sild som ble benyttet under forsøket. Forsøksoppsett, gjennomføring og betraktninger følger videre.

4.1 Forsøksplan

Tabell 1: Forsøksoppsett

Forsøksnummer	Fyllingsgrad	Åpne rør	Luft (Av / På)	Pumpehastighet
1	70 %	Midt (2)	Av	3 (30 %)
2	70 %	Side (1+3)	Av	3 (30 %)
3	70 %	Alle	Av	3 (30 %)
4	70 %	Midt (2)	Av	6 (60 %)
5	70 %	Side (1+3)	Av	6 (60 %)
6	70 %	Alle	Av	6 (60 %)
7	70 %	Alle	På	6 (60 %)
8	50 %	Midt (2)	På	6 (60 %)

Under forsøk 1-6 ble det avsluttet med luftgjennomstrømning, for å se på effektene i karet. Resultatene presenteres lengre ned i kapittelet.

4.1.1 Pumpekapasiteter

Pumpekapasiteten på de forskjellige oppsettene ble beregnet ved at karet ble kontrollmålt, og fylt 10cm eller 20cm vertikalt. Vi bruker her bunnarealet for hele karet. Dette gir følgende kontrollvolum:

- $V_{k1} = L_{k1} * B_{k1} * H_{k1} \rightarrow V_{k1} = 970mm * 780mm * 100mm = 75,6dm^3 = 75,6l$
- $V_{k2} = L_{k2} * B_{k2} * H_{k2} \rightarrow V_{k2} = 970mm * 780mm * 200mm = 151,3dm^3 = 151,3l$

Pumpekapasiteten ble som følger:

Tabell 2: Pumpekapasiteter

Forsøksnummer	Åpne rør	Pumpehastighet	Kontrollvolum	Tid	Beregnet kapasitet
1	Midt (2)	3 (30 %)	V_{k2} (151,3 l)	2:53	52,5 (l/min)
2	Side (1+3)	3 (30 %)	V_{k1} (75,6 l)	1:09	65,7 (l/min)
3	Alle	3 (30 %)	V_{k1} (75,6 l)	1:05	69,8 (l/min)
4	Midt (2)	6 (60 %)	V_{k1} (75,6 l)	0:51	88,9 (l/min)
5	Side (1+3)	6 (60 %)	V_{k1} (75,6 l)	0:43	105,5 (l/min)
6	Alle	6 (60 %)	V_{k1} (75,6 l)	0:42	108 (l/min)

4.2 Forsøksobservasjoner

Her beskrives de observasjoner som ble gjort under forsøkene beskrevet i Tabell 1. Dette baserer seg på sensoriske vurderinger av hva som faktisk skjer i karet. For å observere dette ble det tilsatt melk i innmatingsrøret før pumpehuset. Melken distribueres jevnt i vannstrømmen før den når forsøksstanken. Første kolonne i tabellen under, refereres mot Tabell 1.

Tabell 3: Forsøksobservasjoner

Forsøksoppsett (Fyllingsgrad, Rør, Luft, Pumpekapp.)	Betraktninger
70 %, Midt(2) Av, 30 %	<ul style="list-style-type: none"> - Melkestoff kom opp langs kantene, der rørene står vertikalt ned i fisken, etter ca. 1 minutt - Ved å kjøre inn luft mot slutten fikk vi tilsynelatende god innblanding
70 %, Side(1,3) Av, 30 %	<ul style="list-style-type: none"> - Også her kom melken tydelig opp langs kantene - Luft mot slutten ga tilsynelatende god innblanding
70 %, Alle Av, 30 %	<ul style="list-style-type: none"> - Tydelig strømning opp langs sidene
70 %, Midt(2) Av, 60 %	<ul style="list-style-type: none"> - Tydelig strømning opp langs sidene - Virvler opp bunnslam og skjell - Bobler og virvler noe på midten av massen
70 %, Side(1,3) Av, 60 %	<ul style="list-style-type: none"> - Kommer tydelig opp langs sidene
70 %, Alle Av, 60 %	<ul style="list-style-type: none"> - Kommer tydelig opp langs sidene
70 %, Alle På, 60 %	<ul style="list-style-type: none"> - På grunn av virvlingen i karet forårsaket av luftstrømningen i massen er det vanskelig å gi visuelle observasjoner på hva som skjer. - Ser ut som god strømning / innblanding i hele fiskemassen - Kun liten mengde med luft nødvendig
50 %, Midt(2) På, 60 %	<ul style="list-style-type: none"> - Samme observasjon som tidligere med strømning opp langs sidene



Figur 7: Figur som tydelig viser oppstrømning langs sidene i karet (klart vann i midten) (SINTEF, 2011)

I forsøkene utført ved SINTEF SeaLab viste det seg at strømmingene i tanken går langs sidene. Det kan tenkes at strømmingene finner en "minste motstands vei" langs de vertikale rørene i tanken. Under testkjøring, før fisken ble fylt over i karet, ble det observert at vannet strømmet likt ut av alle hull i de horisontale rørene. Det er derfor grunn til å tro at innstrømmingen i bunnen er uniform, og den vertikale strømmingen trekker ut mot sidene av tanken.

Videofilm av grensesjiktet i tanken (realisert av pleksiglassveggen) ble betraktet i ettertid. Vi kunne her ikke se noe til melken eller boblene som ble pumpet inn i tanken, men vi ser at det oppstår "virvlinger" i vannmassene når luften tilføres. Vi observerer da at rist og andre partikler i vannet beveger seg langs sjiktet, noe som tyder på større vannbevegelse ved bruk av luftbobler.



Figur 8: Vanskelig med visuell observasjon ved tilsetning av bobler. Observasjonsmuligheter i vannskorpen, og gjennom inspeksjonsluken i vegg (SINTEF, 2011)



Figur 9: Kameraobservasjon (SINTEF, 2011)

5 Fartøysdata fra dagens flåte

Som en del av dette prosjektet ble det i oppstarten utført en spørreundersøkelse mot utvalgt båter i ringnotflåten. Det ble satt fokus på driftsrutiner og kapasiteter på de eksisterende RSW anleggene i dag. Også tekniske data fra de forskjellige båtene ble samlet inn. Vi vil her sette opp en sammenligning av disse data mot forsøk som ble gjort ved SINTEF SeaLab.

Tabell 4: Fartøydata

Anleggsnummer	Tank Volum	Pumpekapasitet	Forholdstall
1	1950 m ³	1300 m ³ /time	67 % (V/time)
2	470 m ³	300 m ³ /time	64 % (V/time)
3	2040 m ³	2600 m ³ /time	127 % (V/time)
4	2600 m ³	1000 m ³ /time	38 % (V/time)
5	2400 m ³	1800 m ³ /time	75 % (V/time)

Under forsøkene gjort ved SINTEF SeaLab ble det tilsatt vann i den delen av karet som inneholdt fisk, og ikke på baksiden av pleksiglassplaten. Vi trenger derfor et nytt kontrollvolum for å beregne utskiftingskapasitetene i forsøket. Vi bruker her kun bunnarealet av karet som inneholder fisk

- $V_f = L_f * B_f * H_f \rightarrow V_f = 670mm * 780mm * 1000mm = 522,6dm^3 = 522,6l$

Ved å bruke dette tankvolumet kan vi benytte oss av data fra Tabell 2 for å beregne utskiftingsgrad.

Tabell 5: Forsøksdata

Forsøksnummer	Kontrollvolum	liter / min	m ³ / time	Forholdstall
1	0,52 m ³	52,5 (l/min)	3,15 m ³ /time	600 % (V/time)
2	0,52 m ³	65,7 (l/min)	3,94 m ³ /time	758 % (V/time)
3	0,52 m ³	69,8 (l/min)	4,19 m ³ /time	806 % (V/time)
4	0,52 m ³	88,9 (l/min)	5,33 m ³ /time	1025 % (V/time)
5	0,52 m ³	105,5 (l/min)	6,33 m ³ /time	1217 % (V/time)
6	0,52 m ³	108 (l/min)	6,48 m ³ /time	1246 % (V/time)

5.1 Kapasitetsbetraktninger

Tallene hentet fra ringnotflåten viser at de har en utskiftingskapasitet (Totalt tankvolum / Pumpekapasitet) på 0,4 – 1,2. De fleste i undersøkelsen har en faktor på rundt 0,65 i utskiftingskapasitet. Under våre forsøk ved SINTEF SeaLab hadde vi et mye mindre kar, kraftige pumper, og store hulldimensjoner i forhold til tankvolum. Vi har her kjørt forsøk med en utskiftingsfaktor på 6,0 – 12,5, noe som tilsvarer en faktor på 10 i forhold til flåten. Ut i fra de resultater vi observerer visuelt får vi ikke noen bedre gjennomstrømning selv om utskiftingsfaktoren er 10 ganger så stor som hos flåten. Dette kan tyde på at andre tiltak enn bare pumpekapasiteter og innløpsdesign må vurderes for å få jevnere strømninger i tankene.

6 Diskusjon

Under forsøkene ble det benyttet en utskiftingsfaktor for karet på 6,0 – 12,5 pr. time. Dette er en faktor på 10 i forhold til de reelle tall innhentet fra fartøyene i dagens flåte. Selv med en så stor kapasitetsøkning på innstrømningen ser det ikke ut til at vi får en jevn og uniform strømning gjennom hele lasten.

Ved å bruke luftbobler til å omvelte fiskemassen, og bryte opp strømningsmønstre, er det vanskelig å gi en visuell observasjon på hva som faktisk skjer. Men vi ser gjennom vannspeilet i karet, at boblene kommer opp over hele topparealet i fiskemassen. Dette kan bety at boblene faktisk finner korteste vertikale vei opp gjennom fiskemassen i karet, og at dette skaper rom og bevegelse i massen. På bakgrunn av dette er det også naturlig og tro at RSW vil følge disse boblegjennomstrømningene.

Vi ser at det kommer opp bobler på ca 1-2 cm i diameter selv om vi bruker diffusorer. Dette kan ha sammenheng med at luften vil "møtes" på sin vei gjennom fiskemassen, og gå sammen til stadig større bobler samtidig som luftas volum utvider seg på vei opp til overflaten.

6.1 Forsøksbetraktninger

Som vi ser på Figur 8, skummer det noe når vi tilsetter bobler. Dette ble ikke verre en vist i Figur 8. Hvordan en slik effekt blir på fersk sild er et spørsmål som enda må besvares. Silda som vi brukte under dette forsøket ble stående ute hos landanlegget 1 dag etter lossing, fordi det ble problemer med transport. Deretter ble den plassert på kjølerom som holdt 4 °C i 2 døgn etter dette. Silda var da blitt noe mykere (post rigor) enn det nyfanget fisk vil være.

Siden den ble fanget og brakt til landanlegg med en av båtene i ringnotflåten er det høyst sannsynlig at all skjell på silda var sluppet før fangsten ble levert. Dette viste seg i forsøkskaret da vi nesten ikke så skjell under forsøket. Det kan tenkes at fersk sild med mye skjell vil forårsake mye skumming dersom tankene om bord får "boblefunksjon". Uansett mener vi å se ut i fra forsøkene som er gjennomført, at luftbobler bryter opp strømningsmønsteret, og fører til bedre fordeling av RSW i lasten.

Vi ønsket også å kjøre forsøkene med perforert rist i bunnen av tanken. Dette ble ikke gjennomførbart i denne omgang. Vi anser vannspredningen av alle rørene samlet som like god som en perforert rist i bunnen, men vi kan ikke uttale oss om forventet resultat av et slikt forsøk i denne omgang.



Teknologi for et bedre samfunn
www.sintef.no