

Rapport

Modellforsøk med dukbasert avlusing

Beskrivelse av gjennomføringen av modellforsøk i Hirtshals - Foreløpig rapport

Forfattere

Zsolt Volent

Zsolt Volent, Jens Birkevold og Annette Stahl





SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:
Postboks 4762 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 40005350
Telefaks: 93270701fish@sintef.no
www.sintef.no/fisk
Foretaksregister:
NO 980 478 270 MVA

Rapport

Modellforsøk med dukbasert avlusing

Beskrivelse av gjennomføringen av modellforsøk i Hirtshals - Foreløpig rapport

EMNEORD:
avlusing, helduk,
modellforsøk,
settemetoderVERSJON
1.2DATO
2014-10-23FORFATTER(E)
Zsolt Volent, Jens Birkevold og Annette StahlOPPDRAKSGIVER(E)
Fiskeri- og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF)OPPDRAKSGIVERS REF.
Kjell MaroniPROSJEKTNR: FHF/SINTEF
901011/6021289ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
11

SAMMENDRAG

Det er avgjørende å ha god kontroll på volumet under en avlusing, for å kunne beregne innblanding av lusemidler, slik at en oppnår ønsket behandlingskonsentrasjon. En for høy konsentrasjon kan skade fisken, og for lav konsentrasjon kan føre til at lusa overlever, og utvikler resistens mot middelet. Med standard merdstørrelse på 157 m i omkrets, og mange tusen m³ vann som skal avgrenses, så er volumkontroll en betydelig operasjonell utfordring.

For å utvikle kunnskap om hvordan en ved design av duk og utsettstrategier kan etterstrebe et mer forutsigbart volum, ble det i juni 2014 gjennomført et industrirettet FoU-arbeid, ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk og finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Hovedaktiviteten i dette arbeidet var modellforsøk i SINTEF Fiskeri og havbruks flumetank i Hirtshals, Danmark.

Fire forskjellige duktyper, avkortet kjegle-, flat-, Kinahatt- og Kuleskalkduk ble undersøkt ved forskjellige utsettsbetingelser og strømhastigheter for å finne en metode der volumet kan beregnes.

UTARBEIDET AV
Zsolt Volent

SIGNATUR

KONTROLLERT AV
Andreas Myskja Lien

SIGNATUR

GODKJENT AV
Arne Fredheim

SIGNATUR

RAPPORTNR
SINTEF A26406ISBN
978-82-14-05772-0GRADERING
ÅpenGRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.1	2014-09-26	Beskrivelse av forsøk i Hirtshals
1.2	2014-10-21	Beskrivelse av forsøk i Hirtshals med kvalitetssikring

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Material og metode.....	4
3	Gjennomføring av forsøkene	6
4	Foreløpige resultater	7
4.1	Krefter på merd med duk.....	7
4.2	Utsettstrategier.....	8
4.3	Utsetthastighet	8
4.4	Reduksjon og fyllingsgrad	9
4.5	Strøm.....	9
4.6	Slipping av duken	10
4.7	Matematiske beregninger av volum.....	10
5	Gjenstående arbeider.....	11
6	Referanser.....	11

1 Innledning

Krav om badebehandling mot lakselus i lukket behandlingsenhet ble innført 1. januar 2011. Erfaringene med avlusning i lukket duk viser at det er en rekke utfordringer med denne behandlingsmetoden, der å kunne bestemme volumet er en av de største. Det er avgjørende å ha god kontroll på volumet for å kunne beregne innblanding av midler, slik at en oppnår ønsket behandlingsskonsentrasjon. En for høy konsentrasjon kan skade fisken, og for lav konsentrasjon kan føre til at lusa overlever, og utvikler resistens mot middelet. Med standard merdstørrelse på 157 m i omkrets, og mange tusen m³ vann som skal avgrensnes, så er volumkontroll en betydelig operasjonell utfordring.

For å utvikle kunnskap om hvordan en ved design av duk og utsettstrategier kan etterstrebe et mer forutsigbart volum, ble det i juni 2014 gjennomført et industrirettet FoU-arbeid, ledet av SINTEF Fiskeri og havbruk og finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond. Hovedaktiviteten i dette arbeidet var modellforsøk i SINTEF Fiskeri og havbruks flumetank i Hirtshals, Danmark.

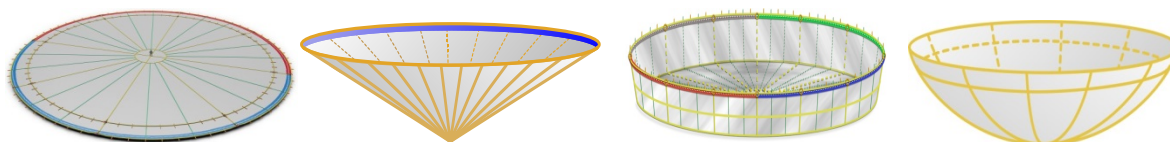
2 Material og metode

Forsøkene ble gjennomført i SINTEF Fiskeri og havbruk sin gjennomstrømningstank (Flumetank) i Hirtshals, Danmark i perioden 9.-18. juni 2014 (figur 1).



Figur 1: Utsetting av modellskala av merd og duker med ulike design i flumetanken i Hirtshals.

Avlusingsduker med fire ulike design ble testet: a) flat-, b) kjegele- ("Kinahatt"), c) avkortet kjegele- ("muffin") og d) kuleskalkduk (figur 2).

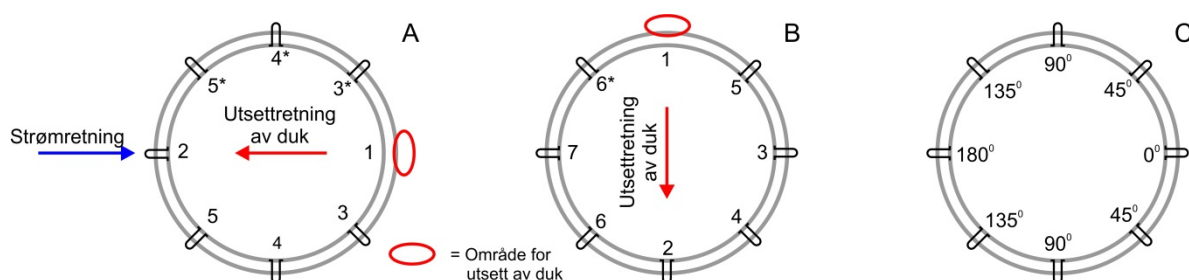


Figur 2: Ulike design for duker brukt til badebehandling testet i SINTEF Fiskeri og havbruk sin Flumetank; a) flat-, b) kjegele- ("Kinahatt"), c) avkortet kjegele- ("muffin") og d) kuleskalkduk.

Forsøkene ble utført med modeller i skala 1:17. Modellene ble skalert etter Froudes modellov (tabell 1). De 4 forskjellige duktypene ble testet ved forskjellige utsettsbetingelser der strømhastighet, forskjellige utsettstrategier av duken der duken ble satt dypt, normalt og grunt, to utsettretninger (motstrøms og 90° på strømmen) og forskjellige "symetoder". Vanligvis er det 8 eller 12 hovedtau rundt periferien av en duk i tillegg til en del tau i mellom hovedtauene avhengig av fabrikat (figur 3). Med "symetoder" menes her hvordan og hvilke rekkefølge man fester duken til merden med alle tauene.

Tabell 1: Forholdet mellom modellskala og fullskala (skaleringfaktor er $s = \text{Fullskala/Modell}$).

Parameter	Symbol	Måleenhet	Skaleringfaktor (s)	Med $s = 17$
Lengde	S	m	s	17
Areal	A	m^2	s^2	289
Volum	V	m^3	s^3	4913
Masse	m	kg	s^3	4913
Kraft	F	N	s^3	4913
Tid	t	s	\sqrt{s}	~ 4
Hastighet	v	m/s	\sqrt{s}	~ 4
Akselerasjon	a	m/s^2	s^0	1



Figur 3: Utsettsretning av dukene i forhold til strøm. Nummereringen på figuren refererer til rekkefølgen hovedtauerne blir dratt i. Alle lik nummererte punkter med hovedtau dras samtidig (eksempelvis 3 og 3*). A): Strømretning motstrøms, der punkt 1 er utsettpunktet for duken. Hovedtau 2 kalles her for 180° der man starter å dra mot, 3 og 3* kalles for 45°, 4 og 4* kalles for 90°, og 5 og 5* for 135°. B): Strømmen 90° på utsettsretningen med utsett fra punkt 1, og der 3 er 0°, 4 og 5 er 45°, 6 og 6* er 135° og 7 er 180°. C): Viser vinklene i forhold til strømretning.

Dukene ble sydd av vanntett fallskjermduk med målene vist i tabell 2. Dukene ble sydd til en modellmerd med indre diameter 293,8 cm (tilsvarende diameter i fullskala var 50 m – 157 metring). Merden ble spent opp i en rammefortøyning med en veiesjakkell på hver av fortøyningslinene på oppstrømssiden og forspent med 200 grams vekter på nedstrømssiden.

Tabell 2. Mål for de forskjellige duktypene i modellskala/fullskala. Dybde og volum for kinahatt- og kuleskalkduken er teoretisk beregnet. Volumet og dybden for den flate duken satt innvendig og utvendig samt Muffin duken satt utvendig er beregnet med regneark utviklet av Namsos Fiskehelse. Flat duk med bunnring, med utvendig setting (markert med rødt) var ikke mulig å få til uten at bunnringen ble dratt delvis eller helt opp.

Metode	Duktype	Utsett metode	Modellskala			Fullskala		
			Diameter (cm)	Dyp (cm)	Volum (liter)	Diameter (m)	Dyp (m)	Volum (m^3)
Innvendig	Flat duk	Normal	359	85,3	3327	61	14,5	16346
		Redusert	318	51,8	1914	54	8,8	9403
	Kinahattduk	Normal	318	88,2	2336	54	15,0	11477
		Redusert	287	80	1719	49	13,6	8445
	Kuleduk	Normal	324	76,5	3376	55	13,0	16586
		Redusert	287	58,5	2039	49	9,9	10018
Utvendig	Muffinduk med bunnring	Normal	324	70,5	4006	55	12,0	19681
		Redusert	289	52,9	2545	49	9,0	12504
	Flat duk med bunnring	Normal	359	59,4	3047	61	10,1	14970
		Redusert	318	23,5	915	54	4,0	4495

Målet med forsøket var å kartlegge fyllingsgrad, oppførsel under setting og eventuelt metoder for utsett som kan gi 100 % predikerbar volum.

3 Gjennomføring av forsøkene

Et styre for prosjektet ble valgt fra oppdrettsnæringen, som også deltok både ved design av forsøksoppsettet, valg av dukfasonger og den praktiske gjennomføringen av forsøkene i Hirtshals. Dette for å sikre at de mest relevante metoder og prinsipper med basis i praksis, ble satt i hovedfokus. Den 16. og 17. juni ble det gjennomført åpne demonstrasjonsforsøk for oppdrettere, leverandører og andre interessenter, for visuelt å tilgjengeliggjøre kunnskapen som var opparbeidet i forsøkene i forkant (figur 4).



Figur 4: Demonstrasjon av dukdesign ved ulike strømhastigheter og utsettstrategier studeres og diskuteres av forskere og deltagere fra oppdrettsnæringen.

Det ble gjennomført 122 forsøk der forskjellige settemetoder og strømhastigheter ble benyttet, i tillegg til forsøk med ekstremstrøm etter at duken var blitt satt (tabell 3). I det etterfølgende så er alle strømhastigheter omregnet til fullskala.

Tabell 3. Oversikt over alle forsøkene med antall kjøring fordelt på de forskjellige duktypene, i forhold til strøm.

Strøm (cm s ⁻¹) \ Duktype	0	8,2	20,6	41,2	53,6	61,8	70,1	74,2	82,5	Sum
Flat	2	2	3	2	1	1		1	1	13
Flat med reduksjon	2	2	2							6
Kinahatt	6	6	8	4	2	2	1	1	1	31
Kinahatt med reduksjon	1	2	1							4
Kule	4	6	4	3						17
Kule med reduksjon	3	3	1							7
Muffin	5	8	4	7	2	1		1		28
Muffin med reduksjon	5	5	2	2		1			1	16
Totalt	28	34	25	18	5	5	1	3	3	122

Settemetoder:

1. Under et normalt utsett ble det forsøkt flere metoder med å trekke i tauene likt ved 45° og så lukke duken mellom 0° og 45° før man begynte å dra i 90° tauene (figur 3, C). Etter at 90° tauene ble sikret lukket

man mellom 45° og 90° , osv. til duken var lukket helt. Forsøk med å lukke duken ved å dra både i 45° og 90° samtidig eller i 90° først før man lukket duken på halve ringen ble også gjennomført for noen av dukene. Forskjellige settehastigheter ble forsøkt fra ca. 5 min til 10 min (tilsvarende 20 min til 41 min i fullskala).

2. Større og større servicefartøy blir brukt under avlusing. De største båtene må da legges med langsiden i strømretningen for at belastningen på forankringene ikke skal bli for stor. Dette medfører at noen må sette duken 90° på strømretningen. Under forsøkene i Hirtshals ble dette tatt hensyn til, og eksperimenter med å sette duken 90° på strømretningen ble også undersøkt, med hensyn til settemetode og fyllingsgrad (figur 3).

Dukene ble satt ved forskjellige strømhastigheter fra 0 cm/s opp til 41,2 cm/s, samt at dukene etter setting ble utsatt for strømhastigheter fra 41,2 – 82,4 cm/s for å klarlegge når merden dras under på grunn av strømmen, dvs. når strømmen er så sterk at "flyvingeeffekten" til duken overviner flyteegenskapene til flytekragen. I tillegg ble det gjennomført en del slippforsøk, der duken ble utsatt for strøm ≥ 20 cm/s. Formålet var å finne en sikker metode for å slippe duken, uten at duken presses opp av strømmen mot nota, med reduksjon av volum som resultat.

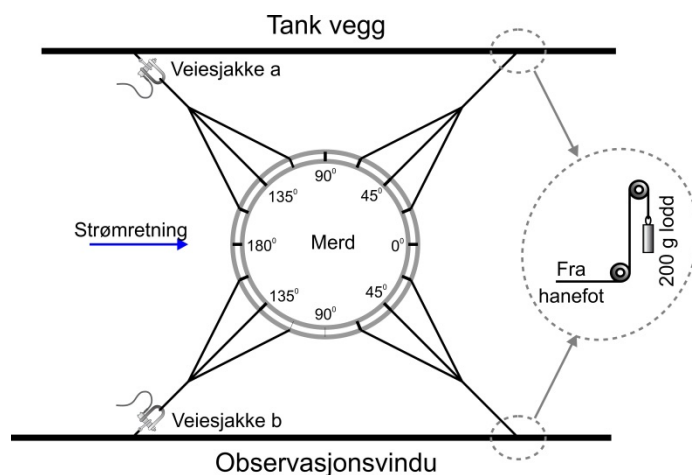
Under forsøkene ble kreftene på forankringen målt, og volumet i duken bestemt ved å pumpe vannet ut av duken gjennom en volumteller etter setting.

4 Foreløpige resultater

Det foreligger store datasett som analyseres for øyeblikket. En rapport med de endelige resultater vil komme i november.

4.1 Krefter på merd med duk

Dataene for krefter fra hver av lastsjaklene montert på forankringene til merden, på oppstrømsiden, er systematisert. Kraftene ble målt som vist i figur 5.



Figur 5. Oppsett av merd med veiesjakler oppstrøms og forspenning av merden nedstrøms.

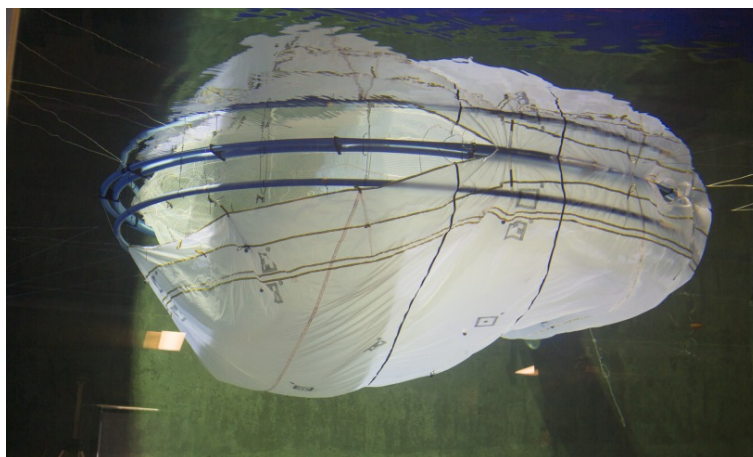
Resultantkraften fra veiesjakkel a og b (belastninger) ble beregnet med hjelp av Pytagoras. Kvaliteten på datasettet er noe varierende for de lave strømhastighetene (0 og 8,2 cm/s i fullskala). Dette skyldes at tanken har problemer med å holde konstant strømhastighet ved lave strømhastigheter.

Kreftene på merden ved de høyere hastighetene avhenger i stor grad av fyllingsgraden. Ved lav fyllingsgrad er kreftene høyere enn for 100 % fyllingsgrad. Dette skyldes en fallskjermeffekt i fronten av duken som fanger opp vannstrømmen (Lader et al. 2014).

Foreløpige resultater viser at det er liten forskjell mellom kreftene for de forskjellige duktypene. For eksempel ved en strøm på 20,6 cm/s var gjennomsnittlig krefter, omregnet til fullskala, på 11,2 kN (1,1 tonn) for muffinduken, 10,7 kN (1,1 tonn) for den flate duken, 11,1 kN (1,1 tonn) for Kinahattduken og 9,23 kN (0,9 tonn) for kuleskalk duken. Ved en strømhastighet på 61,8 cm/s var kreftene på 22,9 kN (2,3 tonn) for muffinduken, 27,8 kN (2,8 tonn) for den flate duken og 29,6 kN (3,02 tonn) for Kinahattduk. Det ble ikke kjørt ekstremstrøm med kuleskalkduken. Dette er i tråd med tidligere eksperimenter utført i Hirtshals i prosjektet "Dukbasert avlusing" gjennomført for Botngaard AS (Volent, 2014) og med fullskalaforsøk med målinger av krefter på merd med not (Olsen og Volent, 2009).

4.2 Utsettstrategier

De forskjellige dukene hadde ulik oppførsel både ved setting og fjerning. Generelt for alle dukene var at setting av duken motstrøms, ga best fyllingsgrad. Prosedyren for setting av duken med best resultat var å dra duken under merden mest mulig samlet relativt dypt, helt til loddet (festet i duken) ses på motsatt side på ca. 8 – 10 m dyp (posisjon 2 på figur 3 A). De nærmeste hovedtauene (45°) fra utsettsiden dras først inn (posisjon 3 og 3*). Disse må sikres, og gapet mellom utsett (posisjon 1) og hovedtauet "sys" før neste hovedtau blir rørt (posisjon 4 og 4*). Prosedyren gjentas frem til man har sikret loddet på oppstrømssiden (A, figur 3, A). Eksempel på muffinduken under utsett er vist i figur 6.



Figur 6: Eksempel på muffinduken under utsett. Merkene på duken er målepunkter. Disse skal benyttes for billedbehandling og databehandling i etterkant, for å beregne volumet i duken matematisk.

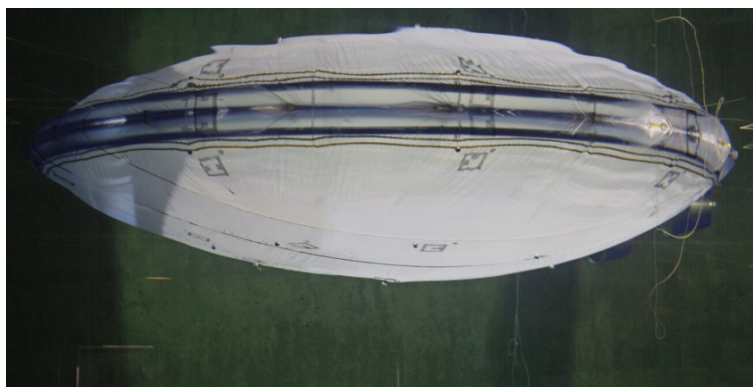
Andre settemetoder som ikke fungerte like bra var å dra i 90° tauene først eller samtidig med 45° tauet. Dette ga en effekt der duken kom opp i midten og forplantet seg som en bølge bakover. Resultatet var at fyllingsgraden ble dårligere.

4.3 Utsetthastighet

Utsetthastigheten ble skalert ned, slik at den var tilpasset skalamodell, noe som innebar at det tok ca. 7 - 8 minutter for å sette ut en duk (tilsvarer 30 – 35 minutter i fullskala). Tiden det tok å redusere duken kom i tillegg. Ved lave strømhastigheter, så det ut til å være viktig at en ikke trekker for raskt i tauene, ettersom dette gjør det vanskeligere å oppnå god fylling av duken under selve settingen. Ved for rask trekking av duken i vann, setter man i gang store vannbevegelser som slår tilbake (turbulens), og som presser duken opp i mot overflaten. "For å oppnå god fyllingsgrad kan en nesten ikke dra sakte nok".

4.4 Reduksjon og fyllingsgrad

Alle dukene hadde reduksjonsbelte for å kunne redusere volumet. Ved 100 % fyllingsgrad, og litt instrumentering i fullskala, skal det være mulig å beregne volumet matematisk. Under disse forsøkene gav muffinduken tilsynelatende det beste resultatet ved lave strømhastigheter, og så også ut til å være mer robust i forhold til utsett (figur 7).



Figur 7: Muffinduk som er fylt etter setting, og ytterligere optimalisert fyllingsmessig ved at reduksjonsbeltet er løftet opp.

Den vanskeligste duken å sette i modellskala var Kinahattduken, som så ut til å gi det dårligste resultatet med hensyn til fyllingsgrad (figur 8).



Figur 8: Kinahatt satt ved 8,2 cm/s strøm før reduksjon. Selv etter reduksjonen ble ikke duken helt fylt.

4.5 Strøm

Lite strøm: De foreløpige resultatene viser at det er svært vanskelig å få fylt dukene ved de laveste strømhastighetene. Setting av duk spesielt i strømostille, vil vanskeliggjøre oppnåelse av høy fyllingsgrad.

Mye strøm: Alle dukene dro merden ned i bakkant under setting ved strømhastigheter på 41,2 cm/s. Det frarådes å sette ut duk ved strømhastigheter over 35 cm/s, ettersom det i slike tilfeller kan være en fare for rømming. Tidligere undersøkelser med flat duk gav tilsvarende resultat, der merden ble dratt under ved strømhastigheter på ca. 40 cm/s. Ved strømhastigheter over 41,2 cm/s, var det nesten umulig å sette dukene. Kreftene på tauene fra duken ble for store.

Etter at dukene ble satt ved lave strømhastigheter, ble strømmen gradvis økt for å se når duken dro merden under (figur 9). Alle dukene ble dratt under ved ca. 60 cm/s, bortsett fra muffinduken etter reduksjon, som

ble dratt under først ved ca. 80 cm/s. Det er indikasjoner på at muffinduken er mer robust med hensyn til eventuelle avvik i settefase.

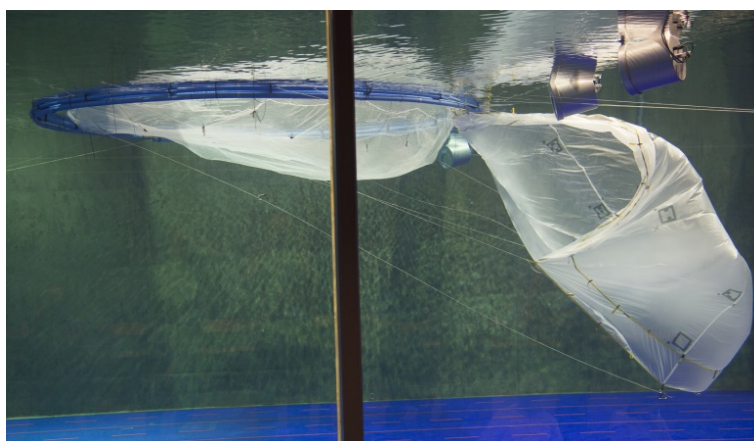


Figur 9: Kinahattduken går ned i bakkant (høyre i bildet). Bildet er tatt ved en strømhastighet på 61,8 cm/s

Strøm generelt: Fyllingsgraden for en avlusingsduk er avhengig av strømhastigheten og settemetode. Lite strøm kan gi dårlig fyllingsgrad, mens mye strøm kan medføre havari, eller at duken ikke er mulig å sette. Å måle strøm i sanntid under en avlusingsoperasjon er derfor essensielt for å kunne ha muligheter for å gjennomføre en vellykket avlusingsoperasjon. Dersom man har kjennskap til strømmen, så er det mulig å korrigere setteteknikken for å kunne oppnå optimal badebehandling. Budskapet er: Kjenn din strøm under avlusingsoperasjonen!

4.6 Slipping av duken

Slipping av duk ved sterk strøm (> 20 cm/s) er en kritisk fase, som kan medføre at duk kan presse notbunnen opp, og på denne måten trenge sammen fisken, noe som kan medføre økt stressnivå, og i verste fall fiskeskader og – død (figur 10).



Figur 10: Slipping av duk er en kritisk fase, som en bør øke bevisstheten rundt, for å unngå eventuelle skader.

4.7 Matematiske beregninger av volum

I tillegg til å måle volumet innenfor duken ved å pumpe ut vannet, skal volumet også estimeres matematisk. For å kunne gjøre dette ble det på alle dukene markert 33 punkter på fem ulike nivåer rundt hele duken (8 punkter på hvert nivå, og ett i senter). Ved hjelp av bildeanalyse av videoopptakene fra 4 kameraer, som

filmet under vann, ble den eksakte posisjonen til alle disse merkene funnet. De 33 punktene ble også markert med ulike unike markeringer, slik at man i etterkant i dataanalysen kunne kjenne igjen de ulike punktene. Koordinatene til disse punktene for et utvalgt sett med data er nå beregnet. Det gjenstår nå å berge volumet med en matematisk modell der koordinatene er en input.

5 Gjenstående arbeider

Det gjenstår nå en omfattende databehandling og analyse før man kan komme med endelige konklusjoner om settemetode og fyllingsgrad. Disse resultatene vil bli gjort tilgjengelig november 2014 i en rapport. Det er viktig å bringe kunnskapen over fra modellskala, og få denne systematisk prøvd ut i fullskala, for å sikre verdi ved implementasjon i kommersiell produksjon.

Det planlegges å utvikle et kurs for personell og team som gjennomfører avlusingsoperasjoner, slik at en kan få tilgang til nyeste kunnskap, samt få økt innsikt og etablere en felles forståelse rundt hva som skjer, og hvordan en skal sikre en mest mulig optimal avlusingsoperasjon med henblikk på volumkontroll.

Vi vil rette en takk til Roy Strøm (Aqua Pharma AS), Marius Olsen (Bjørøya Fiskeoppdrett AS), Knut Botngård (Botngaard AS), Harriet Rønstad (Aqua Kompetanse AS) og Frank Øren (Marine Harvest Norway AS), som bidro både i planlegging og gjennomføring av forsøkene. Videre vil vi takke Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (prosjektnummer: 901011) for økonomisk støtte.

6 Referanser

Lader, P., et al., (2014), "Drag Forces on, and Deformation of, Closed Flexible Bags, in 33rd International Conference on Ocean," *Offshore and Arctic Engineering (OMAE2014)*., ASME: San Francisco, California.

Olsen A., Volent Z., 2009, "Utvikling av sikre oppdrettsanlegg Fase 1 – Måleresultat fra feltmålinger ved oppdrettsanlegget Farmannsøya," *SINTEF rapport A25449*, ISBN 978-82-14-04917-6.

Volent, Z., 2014, (2014), "Dukbasert avlusningskonsept – Sluttrapport," *SINTEF rapport F26102*.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no