

SFH80 A104006

# RAPPORT

## Test av oksygeneringssystem for oppdrettskar; Solvox<sup>®</sup> OxyStream

Prestvik Ø.

**SINTEF Fiskeri og havbruk**

Februar 2010

# RAPPORT

## **Test av oksygeneringssystem for oppdrettskar; Solvox<sup>®</sup> OxyStream**

Prestvik Ø

**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Havbruksteknologi

Februar 2010

**SINTEF Fiskeri og havbruk AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse:  
SINTEF Sealab  
Brattørkaia 17C

Telefon: 4000 5350  
Telefaks: 932 70 701

E-post: fish@sintef.no  
Internet: www.sintef.no

Foretaksregisteret: NO 980 478 270 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Test av oksygeneringssystem for oppdrettskar;  
SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream**

FORFATTER(E)

Ø. Prestvik

OPPDRAGSGIVER(E)

AGA AS

RAPPORTNR. SFH80 A104006	GRADERING Åpen	OPPDRAGSGIVERS REF. Kenneth Glomset	
GRADER. DENNE SIDE Åpen	ISBN 978-82-14-04935-0	PROSJEKTNR. 84017601	ANTALL SIDER OG BILAG 13 + vedlegg
ELEKTRONISK ARKIVKODE Rapport_08.02.2010.final.doc	PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) Øyvind Prestvik	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) Svein Martinsen	
ARKIVKODE	DATO 2010-02-24	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) Jostein Storøy, Forskningsjef	

## SAMMENDRAG

Oksygeneringssystem for oppdrettskar, SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, normal vannmengde 2500 l/min ble testet hos Lerøy Midnor Lensvika oktober 2009 i et ø12 m oppdrettskar uten fisk, vanddybde 3 m, ferskvann (0 promille, 5°C) og saltvann (33 promille, 10°C).

Resultatene viser en innløsnings-effekt for oksygen på ca 45 % i ferskvann og ca 100 % i sjøvann ved vanntrykk 0,45 -1,45 m vannsøyle.

Totalgassmetningen i oppdrettsvannet (TGP) ble målt til verdier godt under 100 %, selv ved høy oksygenmetning. Dette skyldes trolig at inerte gasser i vannfasen som nitrogen og argon diffunderer inn i oksygenrike mikrobobler fra SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, og blir med boblene til vannoverflaten for utveksling med atmosfærisk luft.

Vannmengdeindikatoren på SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream viste en nøyaktighet på 95 - 100 %.

Skyvetrykket fra SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream virker jevnt i hele vannsøylen.

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Fiskeoppdrett	Fish farming
GRUPPE 2	Oksygenering	Oxygenation
EGENVALGTE	Effektivitet	Efficiency

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Metode.....</b>	<b>4</b>
2.1	Registrering av O <sub>2</sub> -nivå og totalgassmetning (TGP).....	4
2.2	Registrering av dynamisk trykk.....	5
2.3	Registrering av oksygendosering og vannmengde i karet.....	5
<b>3</b>	<b>Resultater .....</b>	<b>7</b>
3.1	Innløsningseffekt, SOLVOX <sup>®</sup> OxyStream, ferskvann.....	7
3.2	Innløsningseffekt, SOLVOX <sup>®</sup> OxyStream, sjøvann .....	8
3.3	Registrerte gassmetninger ved oksygenering med SOLVOX <sup>®</sup> OxyStream, ferskvann .....	8
3.4	Registrerte gassmetninger ved oksygenering med SOLVOX <sup>®</sup> OxyStream, sjøvann ....	9
3.5	Trykkbehov tilløpsvann SOLVOX <sup>®</sup> OxyStream .....	10
3.6	Registrert strippeeffekt av nitrogen i ferskvann (inkludert argon).....	10
3.7	Registrert strippeeffekt av nitrogen i sjøvann (inkludert argon) .....	11
3.8	Test av vannmengdeindikator på SOLVOX <sup>®</sup> OxyStream .....	11
3.9	Trykkutligning i tilløpsrør (samme skyvetrykk i hele vannsøylen) .....	11
3.10	Bilder fra undervannsfilmning .....	13
	<b>Vedlegg 1. Måling av hulldiametre, testet SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream .....</b>	<b>14</b>
	<b>Vedlegg 2. Benyttede måleinstrumenter under test av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream.....</b>	<b>15</b>
	<b>Vedlegg 3. Kalibreringssertifikat, Flow-meter .....</b>	<b>16</b>
	<b>Vedlegg 4. Testbetingelser, innløsningseffekt, ferskvann.....</b>	<b>17</b>
	<b>Vedlegg 5. Testbetingelser, innløsningseffekt, sjøvann .....</b>	<b>18</b>
	<b>Vedlegg 6. Flowdiagram, SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, normal vannmengde 2500 l/min .....</b>	<b>19</b>



## 1 Bakgrunn

Test av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream ble gjennomført hos Lerøy Midnor Lensvika 27.-30. oktober 2009. Oksygeneringssystemet ble testet i et ø12 m oppdrettskar med vandyp 3 m og et volum på 350 m<sup>3</sup> (Figur 1). Testingen foregikk uten fisk og med tilsats av enten ferskvann eller saltvann.

Målet var å undersøke om oksygeneringssystemet oppfyller følgende krav:

- Effektiv O<sub>2</sub> innløsning ved lavt trykkbehov.
- Effektiv N<sub>2</sub> stripping selv om innløsningseffekt av O<sub>2</sub> er høy.
- Lav totalgassmetning (TGP) i oppdrettskaret selv ved høy oksygenmetning.
- Jevn skyvekraft i hele vannsøylen for å sikre god hydraulikk og selvrensing i karet.

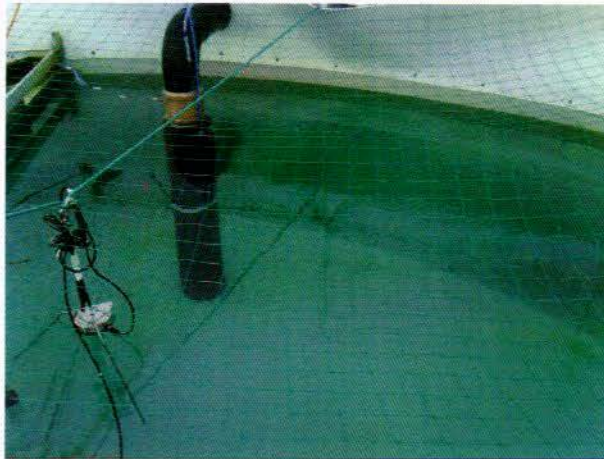
Personell fra AGA og SINTEF Fiskeri og havbruk var til stede under testingen. Personell fra Lerøy Midnor Lensvika bidro med praktisk tilrettelegging under forsøket.



**Figur 1. SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream montert i ø12m oppdrettskar hos Lerøy Midnor Lensvika, oktober 2009, her under testing med ferskvann**

## 2 Metode

SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream (1 stk) ble montert i ø12 m oppdrettskar uten fisk (Vedlegg 1). Instrumenter for måling av oksygen- og gassmetning i råvann, innløpsvann og i selve oppdrettskaret ble montert. I tillegg installerte vi et undervannskamera for å dokumentere hvordan oksygen bobler fordelte seg i vannsøyla ut fra innløpsrøret (Figur 2 og 3).



**Figur 2. SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream installert i ø12m oppdrettskar på testfasilitet. Undervannskamera nederst i venstre hjørne**

### 2.1 Registrering av O<sub>2</sub>-nivå og totalgassmetning (TGP)

Vann fra rørgaten (råvann) og innløpsrøret (topp, midt og bunn), ble ledet med plastslanger til 10 L plastbøtter plassert utenfor oppdrettskaret, for registrering av O<sub>2</sub> - og totalgassmetning (Figur 3). I tillegg ble oksygen målt to steder i oppdrettskaret (senter, og midt i vannsøyla, 270 grader fra innløpsrøret). Benyttede instrumenter er vist i Vedlegg 2. Tilført mengde vann og oksygen ble innstilt på et fast nivå om ettermiddagen, for avlesing av O<sub>2</sub> - og TGP påfølgende dag da gassverdiene i karet hadde stabilisert seg.



**Figur 3. Vann ble ledet til 10 L plastbøtter for måling av O<sub>2</sub> og totalgassmetning (TGP) fra rørgate (råvann) og SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream (oksygenert vann)**



## 2.2 Registrering av dynamisk trykk

Dynamisk trykk (mVs) ble registrert i rørgate ved karkant og inne i oksygeneringsenheten, ved å avlese vannivå i permeable plastslanger fra nevnte punkter. For å vurdere hvordan skyvetrykket fordelte seg i vannsøylen, registrerte vi i tillegg vanntrykk i nederste, midtre og høyeste utløpshull (Figur 4).



**Figur 4. Registrering av dynamisk trykk i SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream**

## 2.3 Registrering av oksygendosering og vannmengde i karet

Tilsatt mengde oksygen ble registrert med et elektronisk flow- meter type F-111AC-50k-AGO--22V Bronkhorst Flow meter (Figur 5). Etter testen ble flow-meteret nøyaktighetstestet hos Flow-Teknikk, noe som viste en nøyaktighet på +/- 1 % (Vedlegg 3). Tilført vannmengde i karet ble registrert ved karfylletester, hvor vi målte tiden det tok å øke vannstand i karet med ca 10 cm.



**Figur 5. Dosert mengde oksygen ble registrert med et elektronisk flow-meter**

Instrumenter ble fortløpende avlest under forsøket og resultater notert i egen forsøksprotokoll under forsøket (Figur 6).



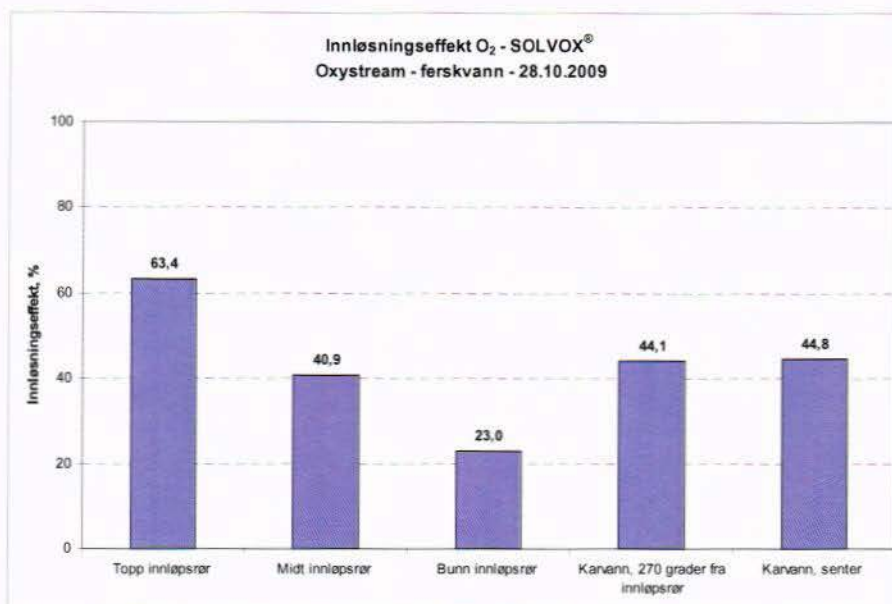
**Figur 6. Notering av forsøksresultater**



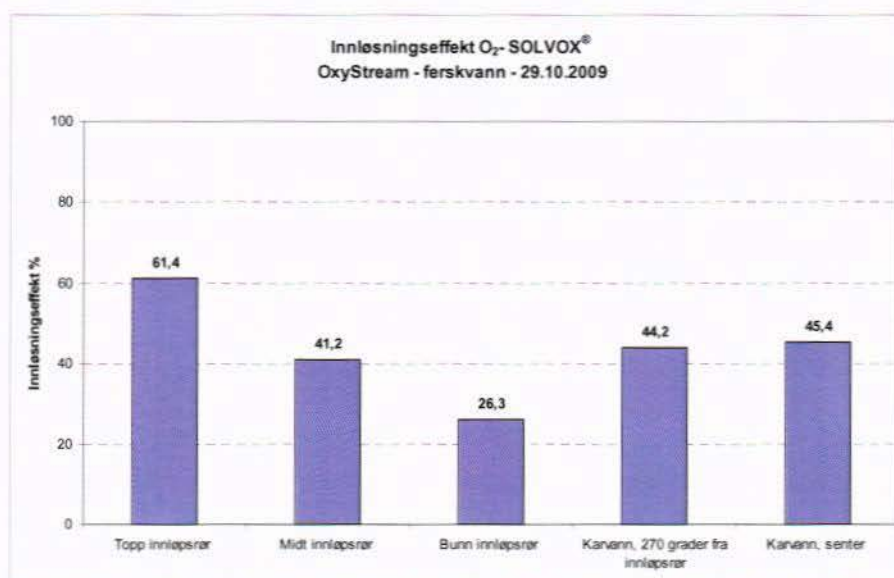
### 3 Resultater

#### 3.1 Innløsnings-effekt, SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, ferskvann

For ferskvann kunne vi registrere en innløsnings-effekt av tilsatt mengde oksygen på 44,1 - 44,8 % i oppdrettskaret (Figur 8 og 9). For detaljer, se Vedlegg 4.



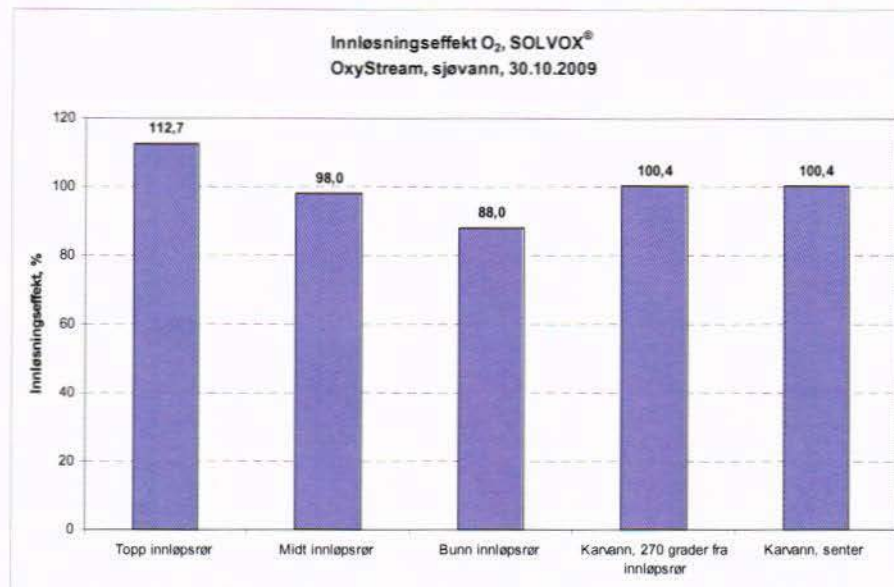
Figur 8. Oksygenutnyttelse ved testing av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, 28.10.2009, ferskvann, 2263 l/min, 5°C, dosert 5,6 mg O<sub>2</sub>/l



Figur 9. Oksygenutnyttelse ved testing av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, 29.10.2009, ferskvann, 2601 l/min, 5°C, dosert 10,5 mg O<sub>2</sub>/l

### 3.2 Innløsnings effekt, SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, sjøvann

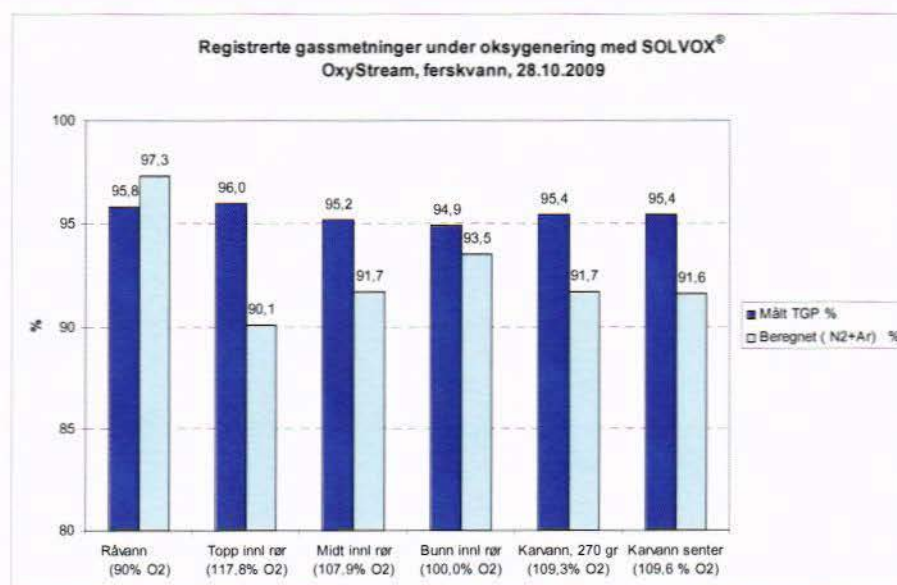
For sjøvann kunne vi registrere en innløsnings effekt av tilsatt mengde oksygen på 100,4 % i oppdrettskaret (Figur 10). For detaljer, se Vedlegg 5.



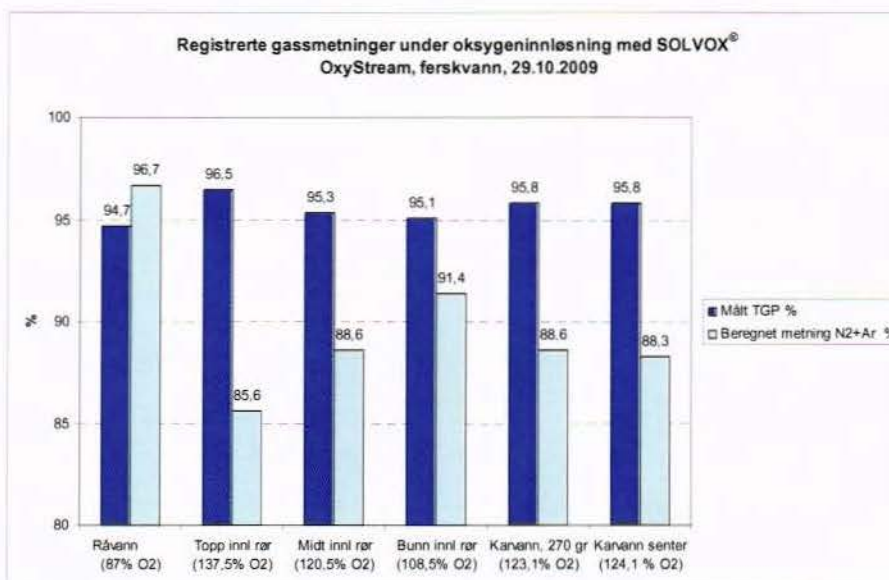
**Figur 10. Oksygenutnyttelse ved testing av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, 30.10.2009, sjøvann, 2483 l/min, 10°C, dosert 5,3 mg O<sub>2</sub>/l**

### 3.3 Registrerte gassmetninger ved oksygenering med SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, ferskvann

Vi registrerte følgende gassmetninger i ferskvann 28. og 29. oktober 2009 (Figur 11 og 12).



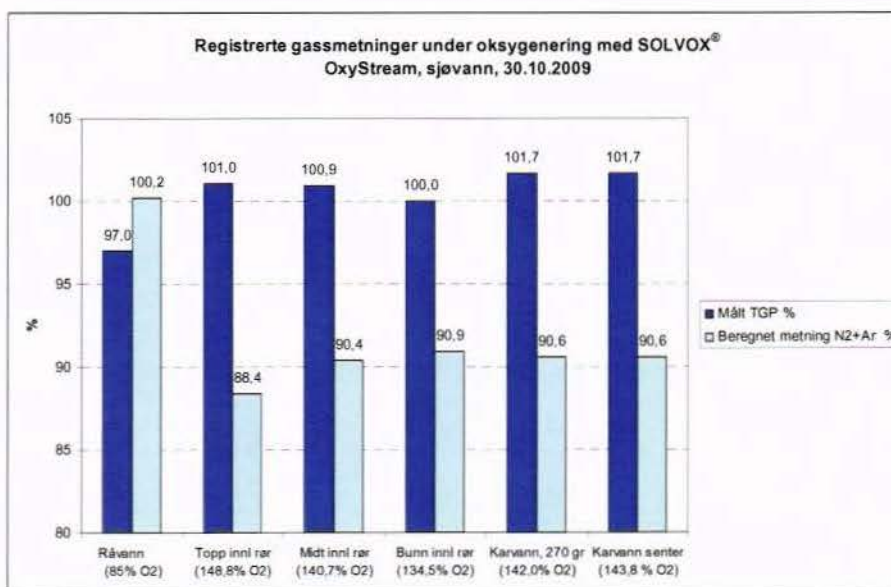
**Figur 11. Registrerte gassmetninger ved oksygenering med SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, ferskvann, 2263l/min, 5°C, dosert 5,6 mg O<sub>2</sub>/l**



**Figur 12. Registrerte gassmetninger under oksygenering med SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, ferskvann, 2601/min, 5<sup>o</sup>C, dosert 10,5 mg O<sub>2</sub>/l**

### 3.4 Registrerte gassmetninger ved oksygenering med SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, sjøvann

Vi registrerte følgende gassmetninger i sjøvann 30. oktober 2009 (Figur 13).



**Figur 13. Registrerte gassmetninger under oksygenering med SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, 33 promille sjøvann, 2483/min, 10<sup>o</sup>C, dosert 5,3 mg O<sub>2</sub>/l**



### 3.5 Trykkbehov tilløpssvann SOLVOX® OxyStream

Trykkbehov for tilløpssvann i ble målt til 0,45 - 1,44 mVs i rørgate ved karkant, og 0,19 - 0,65 mVs inne i spalterør, SOLVOX® OxyStream (Tabell 1 og 2).

**Tabell 1. Registrert trykkbehov i rørgate og inne i innløpsrør, SOLVOX® OxyStream, ferskvann**

Innløsningsseffekt, oksygen, %	Trykkbehov spalterør, mVs	Trykkbehov i tilførselsrør, ved karkant, mVs	Beskrivelse
43,2*	0,41	0,90	Ferskvann, 12,8 gram O <sub>2</sub> /min, 5,6 mg O <sub>2</sub> /l dosert, 2263 l/min. 28.10.2009.
43,7*	0,49	1,11	Ferskvann, 27,4 gram O <sub>2</sub> /min, 10,5 mg O <sub>2</sub> /l dosert, 2601 l/min. 29.10.2009.
41**	0,65	1,44	Ferskvann, 30,3 gram O <sub>2</sub> /min, 10,3 mg O <sub>2</sub> /l dosert, 2931 l/min. 29.10.2009.

\* Gjennomsnittsverdi, inkludert målinger i kar

\*\* basert på gjennomsnitt i Solvox OxyStream (topp, midt, bunn)

**Tabell 2. Registrert trykkbehov i rørgate og inne i innløpsrør, SOLVOX® OxyStream, sjøvann**

Innløsningsseffekt, oksygen, %	Trykkbehov spalterør, mVs	Trykkbehov i tilførselsrør, ved karkant, mVs	Beskrivelse
96,3*	0,19	0,45	Sjøvann, 8,7 gram O <sub>2</sub> /min, 5,6 mg O <sub>2</sub> /l dosert, 1531 l/min. 30.10.2009.
99,5**	0,49	1,08	Sjøvann, 13,3 gram O <sub>2</sub> /min, 5,3 mg O <sub>2</sub> /l dosert, 2483 l/min. 30.10.2009.

\*\* basert på gjennomsnitt i Solvox OxyStream (topp, midt, bunn)

### 3.6 Registrert strippeeffekt av nitrogen i ferskvann (inkludert argon)

Det ble registrert en klar strippeeffekt av N<sub>2</sub> (inkludert argon) ved bruk av SOLVOX® OxyStream i ferskvann (0,79 - 1,5 mg N<sub>2</sub>/l).

Teoretisk sett gikk ca 55 % av dosert oksygen med på å strippe vekk N<sub>2</sub> i ferskvann (Tabell 3 og 4).

**Tabell 3. Registrert strippeeffekt av N<sub>2</sub>, 28.10.2009, ferskvann 2 263 l/min, 5°C**

	mg/l O <sub>2</sub> dosert	% O <sub>2</sub> innløst	mg/l O <sub>2</sub> til stripping av N <sub>2</sub>	mg/l N <sub>2</sub> strippet	% av dosert O <sub>2</sub> til stripping	mg/l O <sub>2</sub> per mg/l N <sub>2</sub> strippet	O <sub>2</sub> , %
Topp	5,60	63,38	2,06	1,50	36,62	1,37	117,8
Midt	5,60	40,90	3,33	1,16	59,10	2,87	107,9
Bunn	5,60	22,96	4,34	0,79	77,04	5,49	100,0
270 grader	5,60	44,08	3,15	1,17	55,92	2,69	109,3
Senter	5,60	44,76	3,11	1,19	55,24	2,61	109,6
Gjennomsnitt	5,60	43,22	3,20	1,16	56,78	3,01	108,9

**Tabell 4. Registrert strippeeffekt av N<sub>2</sub>, 29.10.2009, ferskvann, 2601 l/min, 5°C**

	mg/l O <sub>2</sub> dosert	% O <sub>2</sub> innløst	mg/l O <sub>2</sub> til stripping av N <sub>2</sub>	mg/l N <sub>2</sub> strippet	% av dosert O <sub>2</sub> til stripping	mg/l O <sub>2</sub> per mg/l N <sub>2</sub> strippet	O <sub>2</sub> , %
Topp	10,50	61,38	4,07	2,41	38,62	1,69	137,5
Midt	10,50	41,20	6,20	1,70	58,80	3,65	120,5
Bunn	10,50	26,31	7,77	1,12	73,69	6,94	108,5
270 grader	10,50	44,19	5,89	1,73	55,81	3,40	123,1
Senter	10,50	45,41	5,76	1,79	54,59	3,22	124,1
Gjennomsnitt	10,50	43,70	5,94	1,75	56,30	3,78	122,7

### 3.7 Registrert strippeeffekt av nitrogen i sjøvann (inkludert argon)

Det ble registrert en klar strippeeffekt av N<sub>2</sub> under bruk av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream i sjøvann (1,4 - 1,7 mg/l). Se Tabell 5.

Ettersom oksygenutnyttelsen i oppdrettskaret ble beregnet opp mot 100 % for sjøvann, er det teoretisk sett null oksygen til overs for å strippe av N<sub>2</sub> fra oppdrettsvannet, ettersom så å si alt oksygen er blitt innløst i oppdrettsvannet. Vi er usikre på hva som er årsaken til dette. Dette bør følges opp med nye målinger.

**Tabell 5. Registrert strippeeffekt av N<sub>2</sub>, 30.10.2009, sjøvann, 2843 l/min, 10°C**

	mg/l O <sub>2</sub> dosert	% O <sub>2</sub> innløst	mg/l O <sub>2</sub> til stripping av N <sub>2</sub>	mg/l N <sub>2</sub> strippet	% av dosert O <sub>2</sub> til stripping	mg/l O <sub>2</sub> per mg/l N <sub>2</sub> strippet	O <sub>2</sub> , %
Topp	5,30	112,69	-0,68	1,70	-12,69	-0,40	148,8
Midt	5,30	97,98	0,11	1,42	2,02	0,08	140,7
Bunn	5,30	87,99	0,64	1,31	12,01	0,49	134,5
270 grader	5,30	100,40	-0,02	1,40	-0,40	-0,02	142,0
Senter	5,30	102,99	-0,16	1,40	-2,99	-0,11	143,8
Gjennomsnitt	5,30	100,41	-0,02	1,45	-0,41	0,01	142,0

### 3.8 Test av vannmengdeindikator på SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream

Vannføringen til karet (registrert ved hjelp av karfylletester) ble sjekket mot flow- diagram for testet modell av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream (Vedlegg 6). Flowdiagrammet viser 0 til 5 % for mye, sammenlignet med praktiske karfylletester (Tabell 6).

**Tabell 6. Resultater, test av vannmengdeindikator for testet modell av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, sammenlignet med flow registrert ved praktiske karfylletester**

Avlest vannhøyde, cm	Avlest på diagram (l/min)*	Faktisk flow (l/min)	Avvik diagram (%)	Saltinnhold	Dato
41,0	2.375	2.262	5,0	Ferskvann	28-10-09 9:30
49,0	2.590	2.483	4,3	Sjøvann	30-10-09 11:00
49,5	2.600	2.602	-0,1	Ferskvann	28-10-09 10:30
65,0	2.960	2.931	1,0	Ferskvann	29-10-09 9:15

### 3.9 Trykkutligning i tilløpsrør (samme skyvetrykk i hele vannsøylen)

Et jevnt skyvetrykk i hele vannsøylen betyr jevnt trykk og utgangshastighet fra alle spaltehull og er viktig for god og homogen sirkulasjon i oppdrettskaret.

Skyvetrykket ble målt likt for øverste og midterste spaltehull i innløpsrøret ved henholdsvis 1 531 og 2 483 l/min. For det nederste hullet målte vi imidlertid et klart høyere trykk. Vi tror forskjellen skyldes at permeabel slange for måling av "skyvetrykk, nederste hull", var montert for nær utløpet til nederste spaltehull (Bunn), slik at man i tillegg til skyvetrykk også fikk med seg noe av hastighetsenergien i vannet (Tabell 6).

**Tabell 6. Registrert skyvetrykk, SOLVOX® OxyStream, 30.10.2009**

	<b>1 531 l/min</b>	<b>2 483 l/min</b>
Topp	19,0 cmVs	49,0 cmVs
Midt	19,0 cmVs	49,0 cmVs
Bunn	21,5 cmVs*	57,0 cmVs*

*\*Vi tror forskjellen skyldes at permeabel slange for måling av skyvetrykk var montert for nær utløpet til nederste spaltehull (Bunn), slik at man i tillegg til skyvetrykk også fikk med seg noe av hastighetsenergien i vannet.*

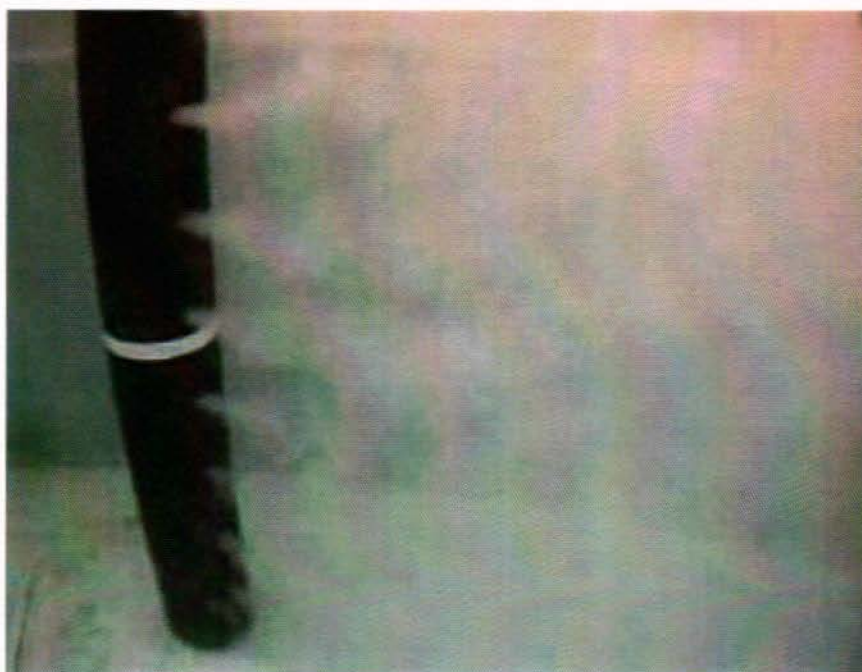
*Trolig var det dynamiske skyvetrykket likt for topp, midt og bunn*

Mest sannsynlig var trykkutligningen i tilløpsrøret jevn, slik at det tilførte vannet ga et jevnt skyvetrykk i hele vannsøylen. Dette bør undersøkes med nye målinger.



### 3.10 Bilder fra undervannsfilmning

Undervannsvideo som viser boblebevegelse ut fra SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream er utarbeidet på CD-format og overlevert AGA. Figur 14 viser billedklipp fra video under testing av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream i sjøvann.



**Figur 14. Billedklipp fra undervannsvideo ved testing av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream i sjøvann hos Lerøy Midnor, 30.10.2009**

**Vedlegg 1. Måling av hulldiametre, testet SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream****Metode:**

Måling av hulldiametre, SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, 11.11.2009

Karet var tomt for vann, og hvert enkelt hull kunne måles nøyaktig med et skyvelær.

**Resultater:**

	Diameter, millimeter	
Øverste hull	1	48,80
	2	48,80
	3	48,80
	4	48,80
	5	48,80
	6	48,80
	7	48,80
	8	48,80
	9	48,80
Nederste hull	10	48,80

**Vedlegg 2. Benyttede måleinstrumenter under test av SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream**

Enhet	Instrument	Sondetype	Fabrikant	Kommentarer
Temp	Oxygen Handy		Oxyguard	
O <sub>2</sub>	Oxygen Handy		Oxyguard	
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> 4100e	InPro 6050	Mettler Toledo	Ny membran, og skiftet elektrolytt ved forsøksstart
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> 4100e	InPro 6800	Mettler Toledo	Ny membran, og skiftet elektrolytt ved forsøksstart
O <sub>2</sub>	Datalogger 3660	Oxygen optode, 3535	Aanderaa	
TGP	Common Sensing TBO-DL6	Ikke oppgitt	Common Sensing	Membraner skiftet juli 2009
TGP	Common Sensing TBO-DL6	Ikke oppgitt	Common Sensing	Membraner skiftet oktober 2009
O <sub>2</sub> -dose	Bronkhorst Flowmeter F-11AC-50k-AGO-22v		Flow- Teknikk	Testet etter forsøk. Nøyaktighet +/-1%



**Vedlegg 3. Kalibreringssertifikat, Flow-meter**


Page : 1-1

**CALIBRATION CERTIFICATE**

We herewith certify that the instrument mentioned below has been calibrated in accordance with the stated values and conditions. The calibration standards used are traceable to national standards of the Dutch Metrology Institute VSL.

**Identifications**

	Calibrated Instrument	Calibration Standard
Type	Flow meter (D)	Rotor meter
Serial number	M6210035A	80186
Model number	F-111AC-50K-AGD-22-V	FRM R-025-TD
Certificate no.	BHTG21/CHK/868472	NM/G1S8641

**Conditions**

Customer		Calibration	
Fluid	O2	Fluid	AIR
Pressure	6 bar (g)	Pressure	0.0 bar (g)
Temperature	15 °C	Temperature	20.1 °C
Flow	5 kg/h	Room temperature	20.1 °C
Output range	0 - 100 %	Atm. pressure	999 hPa

**Results**

Nominal Flow Setting	Calibrated Output Signal	Customer Flow	Deviation
0.0 %	0.0000 %	0.0000 kg/h	0.0 %FS
25.0 %	25.00 %	1.295 kg/h	-0.9 %FS
50.0 %	50.03 %	2.553 kg/h	-1.0 %FS
75.0 %	75.12 %	3.814 kg/h	-1.2 %FS
100.0 %	100.1 %	5.054 kg/h	-1.0 %FS

**Notes**

\* The calibrated flow is converted to customer flow using Bronkhorst High-Tech FLUIDAT® software.

As found

Calibrator : M.Se.

Date : 23 Nov 2009

 Signed : 

 QC : 

#### Vedlegg 4. Testbetingelser, innløsningseffekt, ferskvann

Registrert oksygenutnyttelse, ferskvann				
28.10.2009, kl 09:00				
Dose	12,8 mg O <sub>2</sub> /min			
Salinitet	0 promille			
Vanntemperatur	5,2 grader C			
Målt oksygeninnhold, råvann	11,50 mg O <sub>2</sub> /l			
Målt flow	2263 l/min			
Dynamisk trykk, spalterør	41 cmVs			
Dynamisk trykk, karkant	90 cm			
	Målt kons (mg/l)	Utg. punkt (mg/l)	Tilsats (mg/l)	Beregnet innl. effekt, %
Topp innløpsrør	15,07	11,50	5,6	63,4
Midt innløpsrør	13,80	11,50	5,6	40,9
Bunn innløpsrør	12,79	11,50	5,6	23,0
Karvann, 270 grader fra innløpsrør	13,98	11,50	5,6	44,1
Karvann, senter	14,02	11,50	5,6	44,8
Gjennomsnitt				43,2

Registrert oksygenutnyttelse, ferskvann				
29.10.2009. kl 08:35				
Dose	27,4 gram O <sub>2</sub> /min			
Salinitet	0 promille			
Vanntemperatur	5,05 grader C			
Målt oksygeninnhold, råvann	11,23 mg O <sub>2</sub> /l			
Målt flow	2601 l/min			
Dynamisk trykk, spalterør	49 cmVs			
Dynamisk trykk, karkant	111 cmVs			
	Målt kons (mg/l)	Utg. punkt (mg/l)	Tilsats (mg/l)	Beregnet innl. effekt, %
Topp innløpsrør	17,71	11,23	10,5	61,4
Midt innløpsrør	15,58	11,23	10,5	41,2
Bunn innløpsrør	14,01	11,23	10,5	26,3
Karvann, 270 grader fra innløpsrør	15,89	11,23	10,5	44,2
Karvann, senter	16,02	11,23	10,5	45,4
Gjennomsnitt				43,7

**Vedlegg 5. Testbetingelser, innløsnings effekt, sjøvann**

Registrert oksygenutnyttelse, sjøvann				
30.10.2009. kl 11:00				
Dose	13,3 gram O <sub>2</sub> /min			
Salinitet	33 promille			
Vanntemperatur	10 grader C			
Målt oksygeninnhold, råvann	7,87 mg O <sub>2</sub> /l			
Målt flow	2483 l/min			
Dynamisk trykk, spalterør	49 cmVs			
Dynamisk trykk, karkant	108 cmVs			
	Målt kons (mg/l)	Utg. punkt (mg/l)	Tilsats (mg/l)	Beregnet innl. effekt, %
Topp innløpsrør	13,89	7,87	5,30	112,7
Midt innløpsrør	13,10	7,87	5,30	98,0
Bunn innløpsrør	12,57	7,87	5,30	88,0
Karvann, 270 grader fra innløpsrør	12,20	7,87	5,30	103,0
Karvann, senter	13,37	7,87	5,30	100,4
Gjennomsnitt				100,4



## Vedlegg 6. Flowdiagram, SOLVOX<sup>®</sup> OxyStream, normal vannmengde 2500 l/min

