

A28030 - Åpen

Rapport

Statusrapport om erfaringer med lukkede ventemerder og forslag til nye konsept

Forfatter(e)

Tom Ståle Nordtvedt

Ulf Erikson



SINTEF Fiskeri og Havbruk AS

Prosessteknologi

2016-11-01

Rapport

Statusrapport om erfaringer med lukkede ventemerder og forslag til nye konsept

EMNEORD:
Ventmerd**VERSJON**

Versjonsnummer

DATO

2016-11-01

FORFATTER(E)Tom Ståle Nordtvedt
Ulf Erikson**OPPDRAGSGIVER(E)**

FHF

OPPDRAGSGIVERS REF.

901162

PROSJEKTNR

6021829

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

19+ vedlegg

SAMMENDRAG**Erfaring fra lukkede ventemerder**

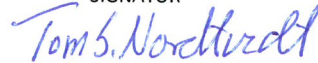
Prosjektet "Lukket ventemerd ved lakselakterier", finansiert av FHF (901162), representerer en videreføring av prosjektet "Optimalisering av slakteprosessen for laksefisk: Ny teknologi for trenging i ventemerd, bløgging og kjøling" (FHF 901007) som blant annet tok for seg ulike forhold rundt drift av åpen ventemerd. For å redusere smitterisiko og spredning av lakselus til omgivelsene har i laksenæringen hatt fokus på å kunne ha bedre kontroll over dette ved å innføre lukket ventemerd i stedet for åpen ventemerd. Bruk av lukket merd innebærer at man må gjøre tiltak for å sikre at god vannkvalitet opprettholdes. I prinsippet kan en tenke seg to strategier for bruk av lukket merd, i sjø eller på land i tanker eller kar.

Det har i løpet av det siste året blitt gjennomført utbygging av en landbasert og en sjøbasert ventemerdløsning. I denne rapporten blir løsningene skjematisk beskrevet samt at resultater fra målinger på kvalitet og velferd blir presentert.

UTARBEIDET AV

Tom Ståle Nordtvedt

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

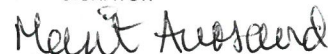
Ana Karina Carvajal

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Marit Aursand

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

A28030

ISBN

978-82-14-06210-6

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
Skriv versjonsnr	Velg dato	[Tekst]

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn.....	4
2	Innledning.....	4
3	Kråkøy Slakteri	4
3.1	Gjennomføring.....	5
3.2	Resultater og diskusjon.....	6
3.2.1	Vannkvalitet.....	6
3.2.2	Håndteringsstress.....	7
3.2.3	Stress under trenging i avkast før pumping til slaktelinje	8
3.2.4	Fiskvelferd i lukket merd	12
3.2.5	Slaktelinje og rigor mortis.....	12
3.2.6	Konklusjoner	13
4	Bremnes Seashore	13
4.1	Gjennomføring.....	14
4.2	Resultater og diskusjon.....	15
4.2.1	Fiskvelferd i lukket merd	17
4.2.2	Slaktelinje og rigor mortis.....	17
4.2.3	Konklusjoner	17
5	Sammendrag.....	18
6	Referanser.....	19

BILAG/VEDLEGG

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

1 Bakgrunn

Prosjektet "Lukket ventemerde ved lakseslakterier", finansiert av FHF (901162), representerer en videreføring av prosjektet "Optimalisering av slakteprosessen for laksefisk: Ny teknologi for trenging i ventemerde, bløtting og kjøling" (FHF 901007) som blant annet tok for seg ulike forhold rundt drift av åpen ventemerde. For å redusere smitterisiko og spredning av lakselus til omgivelsene har i laksenæringen hatt fokus på å kunne ha bedre kontroll over dette ved å innføre lukket ventemerde i stedet for åpen ventemerde. Bruk av lukket merde innebærer at man må gjøre tiltak for å sikre at god vannkvalitet opprettholdes. I prinsippet kan en tenke seg to strategier for bruk av lukket merde, i sjø eller på land i tanker eller kar.

Det har i løpet av det siste året blitt gjennomført utbygging av en landbasert og en sjøbasert ventemerdeløsning. I denne rapporten blir løsningene skjematisk beskrevet samt at resultater fra målinger på kvalitet og velferd blir presentert.

2 Innledning

Denne rapporten er leveranse "Statusrapport om erfaringer med lukkede ventemerder og forslag til nye konsept".

Det har i perioden januar-august 2016 vært gjennomført målinger av fiskekvalitet og vannkvalitet på det lukkede sjøbaserte konseptet hos Kråkøy Slakteri AS i Roan og på det lukkede landbaserte konseptet hos Bremnes Seashore i Bømlo.

3 Kråkøy Slakteri

Den lukkede ventemerdene ved Kråkøy slakteri AS ble utviklet i et prosjekt med flere aktører. Merdene ble ferdigstilt og testet ut (for godkjenning av Mattilsynet) høsten 2015. SINTEF Fiskeri og havbruk gjennomførte en undersøkelse av systemet basert på vurderinger av vannkvalitet, vannrensing (utslipp til resipient), stress og fiskevelferd samt produktkvalitet etter slaktning. Undersøkelsen ble gjennomført som en sammenlikning med en tradisjonell, åpen ventemerde. Rapporten inneholder en del tekniske data for systemet. Konstellasjonen av utstyrsleverandørene som var involvert har derfor valgt å holde rapporten lukket inntil videre. Imidlertid kan hovedkonklusjonene gjengis her:

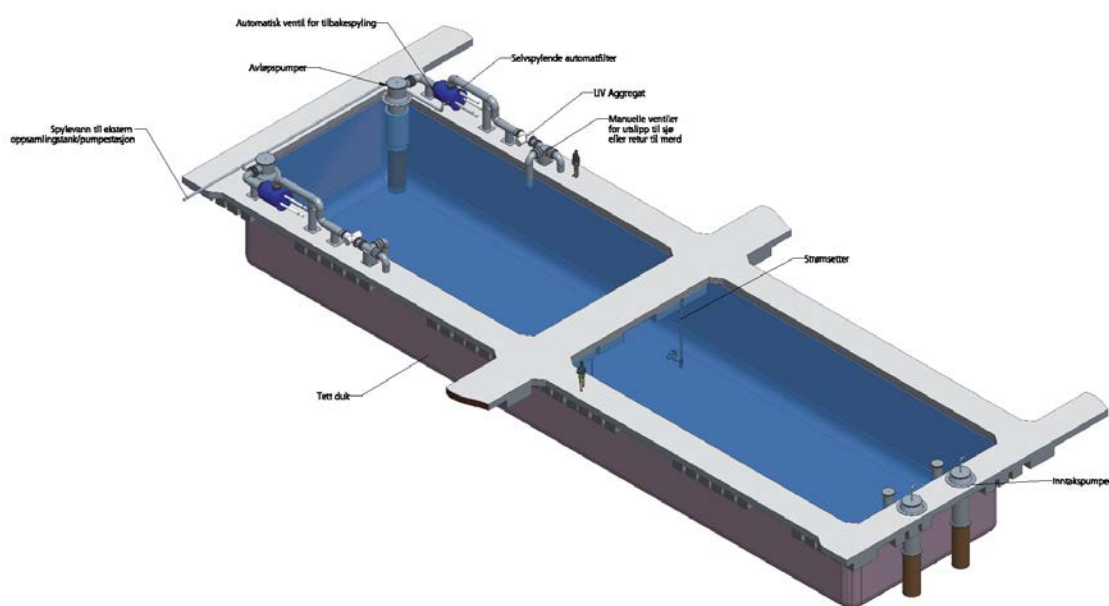
- God vannkvalitet i det lukkede systemet, kvantitativt sammenliknbar med åpent system. Dette innebærer at teknologien for vannutskifting og automatisert styring av vannkvalitet fungerte tilfredsstillende.
- Innholdet av bakterier (TVC og *Vibrio* sp) var relativt likt i åpen og lukket merde.
- Systemet ble evaluert ved relativt høy sjøtemperatur (fiskens kroppstemperatur var 15°C) og ved lav fisketetthet i det lukkede systemet (15 kg/m³).
- Kontrollfisk og fisk trengt i avkast (90 min) ble tatt ut kort tid (2-3 timer) etter at biomassen hadde blitt levert med brønnbåt.
- Kontrollfisken var betydelig stresset (etter lossing fra brønnbåt).
- Det ble derfor observert beskjedene endringer i de ulike stressparametrene under trenging, dog med unntak av at kortisolnivået steg ytterligere under trenging (både i åpen og lukket merde).
- Trykk/vakuumpumping av fisk inn til slakteri førte derimot til en økt stressbelastning for fisken.

- Det var ingen indikasjoner på at det var forskjeller i produktkvalitet (hel fisk og filet) mellom fisk pumpet fra åpen og lukket merd.
- All fisk avlivet ved åpen og lukket ventemerde hadde en pre-rigortid på 4 til 8 timer post mortem.
- Etter selve evalueringen av systemet ble det gjennomført et program for uttak (ansvarlig: Kråkøy slakteri AS) og analyse av vannprøver (KystLab-PreBIO AS) fra det lukkede systemet (september – desember 2015) under kommersiell drift. I tillegg ble bedriftens logg over deres automatiserte in-situ målinger av ulike vannkvalitetsparametre vurdert (ansvarlig: SINTEF). Det ble konkludert med at vannkvaliteten var tilfredsstillende under hele perioden.
- På grunnlag av rapporten, som innbefattet det som er nevnt ovenfor, fikk Kråkøy slakteri AS godkjenning fra Mattilsynet for videre kommersiell drift av den lukkede ventemerden.

I forbindelse med prosjektet "Lukket ventemerde ved lakseslakterier" ble det i regi av FHF besluttet å gjennomføre en åpen studie ved Kråkøy slakteri AS. Basert på erfaringer fra den forrige studien ved dette slakteriet (nevnt ovenfor) var det av spesiell interesse å gjennomføre en studie der det ble benyttet en betydelig høyere fisketetthet i det lukkede systemet samtidig som fisken skulle restitueres i merden i minst ett døgn etter brønnbåttransport.

3.1 Gjennomføring

Atlantisk laks (*Salmo salar*) fra Refnes Laks AS ble benyttet i denne studien. Fisken ble tatt fra Not 6 der fisketettheten var 24 kg/m³. Lastingen av 25043 fisk med gjennomsnittsvekt 4,69 kg tok 55 min. Fisketettheten under transporten med brønnbåt var 131 kg/m³. Ved ankomst Kråkøy slakteri, 1 time senere, ble fisken overført til lukket ventemerde #6. Lossingen tok 73 min hvor fem døde fisker ble plukket ut. Den lukkede ventemerden med tilhørende utstyr er vist i Figur 1.



Figur 1 - Den lukkede ventemerden ved Kråkøy slakteri AS er delt opp i to enheter, Merd #5 (til venstre) og Merd #6 (til høyre). Systemet omslutes av en felles duk med lav vannpermeabilitet (vist blå farge på figuren). Vannforsyningen besørges av to pumper vist til høyre i Merd #6. Avløpssvannet pumpes ut ved bruk av to pumper som er plassert i

hjørnene til venstre i Merd #5. Vannet blir filtrert og UV-behandlet før utslipp til sjø. Systemet er strømsatt og har sensorer for automatisk overvåking av følgende vannparametre: løst oksygen, karbondioksid, pH, temperatur, turbiditet og strømningshastighet. Fisken som ble evaluert i denne rapporten ble tatt fra Merd #6. Avkastet (trengingen av fisk) som er beskrevet i denne rapporten ble rutinemessig satt i venstre del av Merd #6. Figuren er fra Botngaard AS.

Evalueringen av systemet ble gjennomført tre dager etter at fisken hadde blitt levert til den lukkede ventemerden (31 mars). Det ble tatt ut ulike grupper fisk som vist i Tabell 1. Fisken til analyse som ble tatt ut ulike steder ved Kråkøy slakteri hadde en rundvekt, gaffellengde og kondisjonsfaktor (middelverdi \pm SD, $n = 41$) på henholdsvis $3,8 \pm 1,1$ kg, 65 ± 5 cm, og 1,38. Prøveuttaket fra merd skjedde ved at en fisk i gangen ble raskt håvet ut og avlivet med slag i hodet før det ble tatt blodprøve etterfulgt av evaluering av pH i hvit muskel. Tilslutt ble det tatt ut fisk etter elektrobedøving (som innbefatter effekt av pumping og opphold i "swim-in" systemet som er plassert foran elektrobedøveren (STANSAS #1 fra SeaSide AS). All fisk ble merket og lagt på is for evaluering av rigor mortis. På grunn av relativt lav sjøtemperatur var fisken bemerkelsesverdig rolig (liten grad av muskelaktivitet) ved håving fra merd. Fisken ble på generelt grunnlag betegnet som fin, med lite skjelltap og hvor det totalt ble observert to voksne lus på forsøksfisken.

Tabell 1 – Uttak av fisk til analyse ble foretatt på tre prosesstrinn ved slakteriet. En fisk i gangen ble raskt håvet ut og raskt avlivet med slag i hodet før analyse av blod og muskel.

Gruppe	n	Tidsintervall
Lukket ventemerde før trenging (kontroll)	10	09:30 – 10:55
Trenging i lukket ventemerde (start til slutt)	21	11:18 – 14:47
Etter elektrisk bedøving	10	16:25 – 17:26

3.2 Resultater og diskusjon

3.2.1 Vannkvalitet

Tabell 2 viser oksygenmetning ("dissolved oxygen", DO, der 100 % metning i sjøvann ved 5,5 °C tilsvarer 9,9 mg oksygen/l), karbondioksid (CO₂), pH, sjøtemperatur, og strømningshastighet i lukket ventemerde fra før lossing fra brønnbåt (kl. 13:42 den 28 mars 2016) inntil 2 ½ time før siste fisk ble tatt ut etter elektrisk bedøving (kl. 15:00 den 31 mars 2016). Tabellen er laget på grunnlag av bedriftens egen logging av vannkvalitet i lukket ventemerde.

Tabell 2 - Logget vannkvalitet i lukket ventemerde #6 i perioden fra før overføring av fisk fra brønnbåt (28 mars) fram til like før siste fisk ble tatt ut på slakteri (etter elektrobedøving den 31 mars). Tabellen viser laveste og høyeste målte verdi på hver enkelt dag fisken ble holdt i merden. Rekken markert i gult representerer verdiene logget under vår evaluering av systemet.

Dato Mars	Tidsrom (kl.)	DO (mg/l)	DO (% metn.)	CO ₂ (mg/l)	pH	Turb. (FNU)	Temp. (°C)	Strømn. -hast. (cm/s)	DO merd #5* (mg/l)
28	09:00 - 23:00	7,7 - 15,7 ⁽¹⁾	78 - 159	1,9 - 2,0	7,55 - 8,17 ⁽²⁾	0,1 - 0,4	5,5 - 5,7	6,6 - 7,5	15,4 ⁽²⁾ - 7,9
29	00:00 - 23:00	7,8 - 8,6	79 - 87	1,9 - 2,0	7,56 - 7,73	0,1 - 0,3	5,6 - 5,9	5,4 - 9,7	7,7 - 8,8
30	00:00 - 23:00	7,5 - 8,3	76 - 84	2,0 - 2,0	7,60 - 7,83	0,1 - 0,2	5,8 - 5,9	5,9 - 9,3	7,8 - 8,9
31	00:00 - 15:00	7,7 - 8,5	78 - 86	1,9 - 2,1	7,82 - 7,88	0,1 - 0,2	5,7 - 6,0	6,4 - 8,9	8,0 - 8,4

*Lukket ventemerde #5 og #6 er to merder som omsluttet av samme duk (= det lukkede systemet, se Figur 1), det var ikke fisk i ventemerde #5; (1) før fisken ble overført til merden, oksygennivået sank gradvis til stabilt nivå 7,7 – 7,9 mg/l etter overføring av fisk; (2) nivå før overføring av fisk

Tabell 3 viser vannkvalitet under utførelsen av evalueringen av systemet den 31 mars. Oksygeninnivå (DO) og pH-verdiene representerer typiske verdier målt av SINTEF med håndholdte instrumenter. De andre parametrene ble målt senere i vannprøver som ble tatt ut i løpet av dagen.

Samtidig ble det tatt ut vannprøver i sterile flasker for analyse av totalt kimtall (TVC) og *Vibrio* sp. Alle vannprøvene ble senere analysert av Kystlab-PreBio AS som er et akkreditert laboratorium for denne type analyser. Dessverre hadde ikke analyselaboratoriet fortynnet vannprøvene fra merd og etter vannbehandling tilstrekkelig før telling av antall bakterier. Dermed fikk vi ikke nøyaktige tall for vannprøvene tatt ut på disse stedene. Effekt av vannrensing kan derfor ikke vurderes. Krakøy Slakteri har imidlertid gjennomført prøveuttak over en 8 måneders periode og resultatene fra disse viser god effekt. For ytterligere opplysninger om disse kan Kråkøy Slakteri kontaktes.

Tabell 3 – Vannkvalitet utenfor ventemerd, i avkast under trenging (slakting), etter vannrensing ved filtrering og UV-bestråling. Sjøtemperatur: 5,4 - 5,9 °C på 1 m dyp.

Sted	DO (% metning) ¹	pH ¹	TAN (mg/l)	NH ₃ (µg/l) ²	TOC (mg/l)	Fargetall (mg Pt/l)	Turbiditet (FNU)	UV (%T) ³
Sjø utenfor merd	99	8,40	0,5	15	2,1	<3	0,10	88,5
Lukket merd ^(a)	79 - 86	8,14	0,5	10	2,4	<3	0,33	84,9
Etter filtrering ^(b)	-	-	0,5	-	2,5	<3	0,33	82,4
Etter UV ^(c)	-	8,00	0,4	5		<3	0,27	88,7

1: målt in-situ på 0,5 m dyp; 2: beregnet på grunnlag av målt [TAN], pH, temperatur i kombinasjon med tabellerte verdier av giftig ammoniakk gitt av Emerson et al. (1975); 3: ufiltrert prøve, 5 cm lysvei; (a) vannprøve tatt ut like før uttak av kontrollfisk; (b) vannprøve tatt ut under trengingsoperasjonen; (c) vannprøve tatt ut etter avkastet var tømt for fisk.

I samsvar med tidligere resultater fra Kråkøy slakteri AS, var vannkvaliteten god også i denne studien. Dette gjelder hele perioden i lukket ventemerd fra fisken ble levert med brønnbåt fram til og med slakting noe som viser at systemet kan operere med en fisketetthet på 69 kg/m³ som var betydeligere enn i studien rapportert tidligere (lukket rapport). Årsaken er naturligvis at pumpesystemet sørget for tilstrekkelig vannutskifting samt at oksygeneringssystemet fungerte tilfredsstillende. Nivået på de ulike vannkvalitetsparametrene lå innenfor anbefalte grenseverdier. Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har gjennomført en risikovurdering av lukkede systemer (RAS). Referer til denne for en detaljert diskusjon av vannkvalitet, herunder hver enkelt parameter målt i dette prosjektet ved Kråkøy slakteri AS. Risikovurderingen, "Risk Assessment of Recirculation Systems in Salmonid Hatcheries", Opinion of the panel on Animal Health and Welfare of the Norwegian Scientific Committee for Food Safety, ISBN 978-82-8259-048-8, 110p, er gratis tilgjengelig på www.vkm.no. I korthet kan vannet i den lukkede merden beskrives slik (Tabell 2 og 3): god tilgang på oksygen, lavt innhold av total ammonium (TAN) og karbondioksid (noe som også vannets pH viser), lavt innhold av organisk materiale (TOC), høy klarhet (fargetall og UV-transmisjon), samt lavt partikkelinnhold (Turbiditet).

3.2.2 Håndteringsstress

Slaktelaksens stressnivå, definert ved blod og hvit muskel (Tabell 5), ble målt før trenging (kontroll) og under trenging i avkast i 217 min, samt etter elektrobedøving (før bløgging). Med hensyn til stress, representerer sistnevnte gruppe fisk summen av trenging, pumping, opphold i "swim-in"-system, samt elektrisk bedøving. Ulike målemetoder, pH-meter/elektrode, laktatmeter og glukosemeter ble sammenliknet med det kassetbaserte instrumentet "epoc" beregnet på medisinsk bruk. Blod fra trengt fisk

ble benyttet. Resultatene viser god korrelasjon mellom metodene med hensyn til pH og laktat ($P < 0,05$) mens for glukose viste epoc-instrumentet en noe høyere glukoseverdi ($P < 0,05$).

Tabell 5 – Sammenlikning av slaktelaksens stressnivå før trenging (kontroll), under trenging, og etter elektrisk bedøving*.

Stressindikator	Kontroll	Trenging	Elektrobedøving*
Blod			
Kortisol (nmol/l)	174 ± 42 ^a	513 ± 63 ^b	574 ± 69 ^b
Klorid (mmol/l)	151 ± 2 ^a	165 ± 4 ^a	155 ± 4 ^a
pH _{meter}	7,81 ± 0,02 ^a	7,65 ± 0,02 ^{b,X}	7,62 ± 0,03 ^b
pH _{epoc, korrigert}	-	7,67 ± 0,03 ^X	-
Glukose _{meter} (mmol/l)	3,8 ± 0,4 ^a	3,5 ± 0,2 ^{a,X}	2,7 ± 0,1 ^b
Glukose _{epoc} (mmol/l)	-	4,7 ± 0,2 ^Y	-
Laktat _{meter} (mmol/l)	0,8 ± 0,1 ^a	2,9 ± 0,5 ^{b,X}	4,7 ± 0,6 ^b
Laktat _{epoc} (mmol/l)	-	3,4 ± 0,5 ^X	-
Muskel			
Initial pH	7,49 ± 0,02 ^a	7,23 ± 0,05 ^b	7,09 ± 0,04 ^b
Sammentrekning (0-3)	2 ± 0	2 ± 0	2 ± 0

Middelverdier ± SEM (n = 10 og 21); forskjellig bokstav, a eller b, indikerer signifikant forskjell mellom gruppene ($P < 0,05$); forskjellig bokstav, X eller Y, indikerer signifikant forskjell ($P < 0,05$) mellom ulike målemetoder for tre parametre (epoc vs pH meter, glukose meter eller laktat meter); *Elektrobedøvd fisk var fisk som ble pumpet fra neste avkast fra lukket merd #6.

3.2.3 Stress under trenging i avkast før pumping til slaktelinje

Som vist i Tabell 2 og 3 var vannkvaliteten god gjennom hele trengeprosessen. Figur 2 – 5 gir et visuelt inntrykk av hvordan situasjonen var før trenging og etter ulike trengetider. Ingen fisk ble eksponert mot luft under prosessen. Etterhvert som fisken ble pumpet ut av avkastet og inn til slakteriet ble avkastet suksessivt linet opp slik at den høye fisketettheten ble opprettholdt. Ut over dette er det vanskelig å anslå noe kvantitativt om variasjon i fisketetthet. Subjektivt bedømt så forholdene mer eller mindre like ut under hele trengeprosessen. Ingen tydelige endringer i fiskens atferd ble observert under trenging. Fiskens naturlige svømmemønster ble naturligvis hindret som en følge av den høye fisketettheten, men ellers svømte fisken i hovedsak rolig, men uregelmessig, rundt hverandre i avkastet.



Figur 2 – Lukket ventemerd #6 like før uttak av kontrollfisk før trengoperasjonen startet. Fisken (117 500 kg) hadde stått uforstyrret ved 5,8°C i merden i tre dager etter levering med brønnbåt. Fisketettheten var 68 kg/m³.



Figur 3 – Venstre bilde: Avkastet settes, $t = 0$ min, uttak av første fisk. Høyre bilde: Situasjonen etter trenging i 70 min.



Figur 4 – Situasjonen i avkast etter trenging i 160 min (venstre bilde) og 180 min (høyre bilde). Fisken pumpes til slakteri gjennom røret plassert i borte høyre hjørne av merden/avkastet.

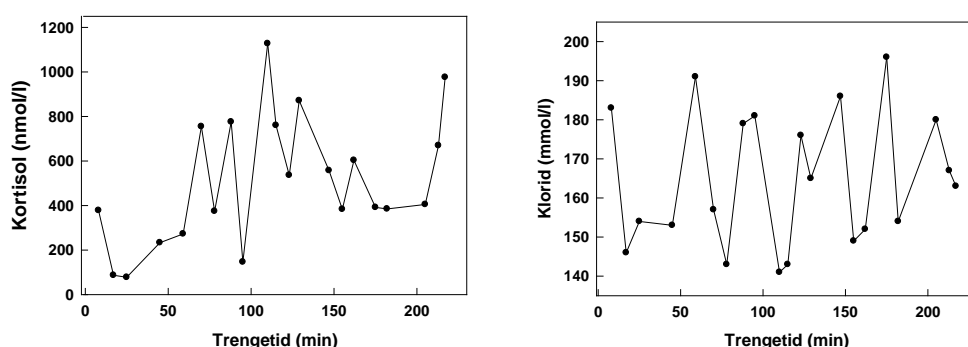


Figur 5 – Situasjonen like før uttak av siste fisk fra avkast etter trenging i 217 min.

Spørsmålet blir så om hvordan fiskens tilstand endret seg under trenging? Oppsummert hadde vi så langt dokumentert følgende: god vannkvalitet inklusive rikelig tilgang på oksygen til enhver tid (Tabell 2 og 3), fisken ble aldri eksponert mot luft (visuell observasjon), med unntak av et noe forhøyet kortisolnivå viste blodprøvene fra kontrollfisk at fisken var lite stresset (Tabell 5), og at muskelen var i tilnærmet hviletilstand (Tabell 5) før trengingen tok til. Spesielt må det i tillegg nevnes at sjøtemperaturen var lav (5 - 6°C), noe

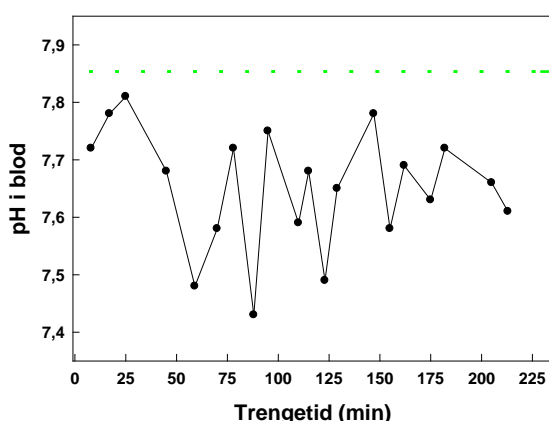
som medfører at fisken metabolisme er langsommere enn ved høyere sjøtemperaturer. Med andre ord var rammebetingelsene nær perfekte for å studere effekten av trening alene.

Kortisolnivået under trening i lukket merd er vis i Figur 6a. Ved raskt prøveuttak av laks i hviletilstand kan vi forvente kortisolkonsentrasjoner på 0 - 20 nmol/l (Einarsdottir & Nilsen, 1996). Følgelig ser vi at fisken var betydelig stresset ved alle trengetider – definert kun på grunnlag av kortisolverdiene. Store individforskjeller gjør det vanskelig å trekke konklusjoner vedrørende trengetid. Muligens kan det være en tendens til lavere kortisolnivåer den første timen av trengeprosessen men dette er usikkert. Gjennomsnittlig var det likevel klart at trent fisk hadde betydelig høyere kortisolnivå enn kontrollfisk ($P < 0,05$, Tabell 5). Stor individvariasjon med hensyn til plasmaklorid gjør det også her vanskelig å trekke noen konklusjoner (Figur 6b). I sum hadde trent fisk noe høyere kloridnivåer enn kontrollfisk (Tabell 5), men denne effekten var ikke signifikant ($P > 0,05$).



Figur 6 – Kortisol (a) og Cl⁻ (b) i blodplasma fra slaktelaks under trening i lukket ventemerd. Hvert målepunkt representerer én fisk.

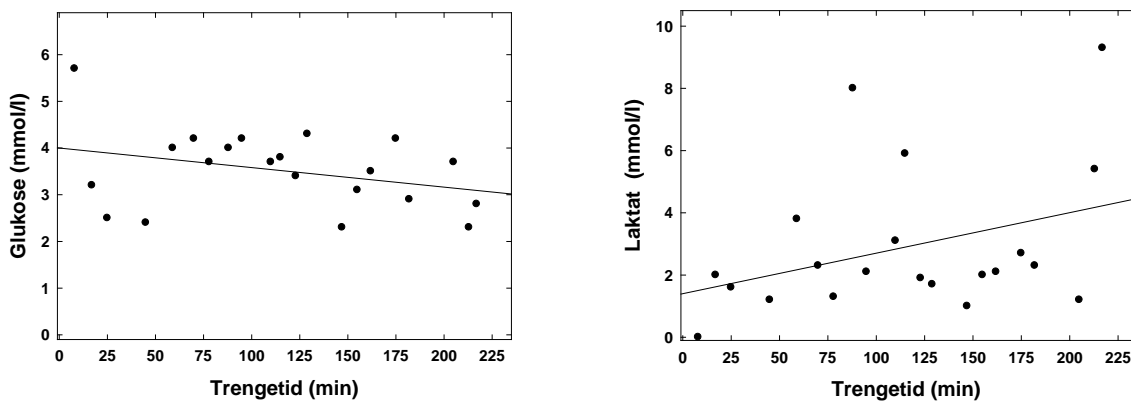
Figur 7 viser pH i helblod under trening. Vi ser at alle verdiene lå under hvile-pH for laks (grønn linje). Igjen er det vanskelig å spore noen trender annet enn at individvariasjonen var stor.



Figur 7 – pH i blod under trening av slaktelaks i avkast før pumping til slakteri. Grønn linje: Typisk blod-pH i ustresst laks. Hvert målepunkt representerer en fisk.

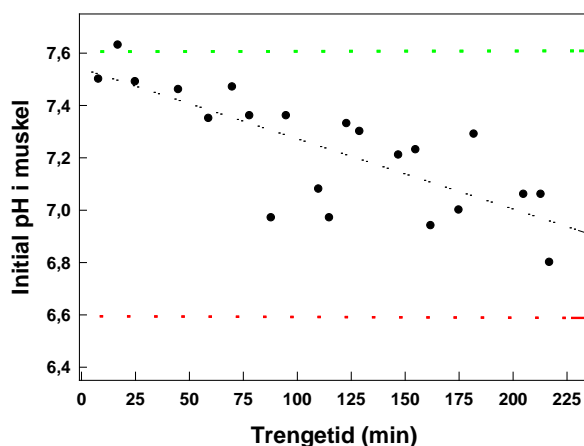
De fleste fiskene hadde glukosekonsentrasjoner mellom omlag 2,5 – 4,5 mmol/l (Figur 8a). Dette er verdier som ligger rundt 3,2 mmol glukose/l som er målt i regnbueørret i hviletilstand (Woodward & Strange, 1987). Her må det dog nevnes at bruk av feltmetoder ("hurtigmatoder"), som for analyse av glukose og laktat i blod i vår undersøkelse, er kontroversielle med hensyn til å måle riktige absoluttnivåer i fisk. Metodene egner seg derimot bedre for å skille mellom grupper av fisk utsatt for ulik behandling (Wells &

Pankhurst, 1999). Regresjonslinjen for glukose viser en svak synkende tendens med økende trengetid. I ustresset laks er laktatinnholdet i blod rundt 0 mmol/l. De fleste fiskene hadde laktatkonsentrasjoner mellom omlag 1,5 og 3 mmol/l (Figur 8b), noe som viser en beskjeden stressrespons. Fire fisk hadde betydelig høyere konsentrasjoner som viser at disse individene var mer stresset. Regresjonslinjen viser en svakt økende tendens i laktatnivå med økende trengetid.



Figur 8 – (a) Glukose og (b) laktat (målt ved bruk av glukose og laktat meter) i helblod under trening av slaktelaks i avkast før pumping til slaktelinje. Hvert målepunkt representerer én fisk. Regresjonslinjene er vist for begge blodparametrene.

I hvit muskel derimot ser vi en klar tendens med hensyn til effekt av trening. Initial pH i muskelen ble gradvis redusert fra hvile-pH (pH 7,6) ved starten av trengeoperasjonen til et nivå på omlag pH 7,0 når avkastet var tømt for fisk. Som ventet viser regresjonslinjen motsatt tendens enn regresjonslinjen for laktat (Figur 8b). Videre legger vi merke til at ingen fisk ble utmattet (pH<6,8) som følge av trengingen i avkastet. Reduksjonen i inital-pH skjedde til tross for at vi ikke kunne observere tydelige tegn på økt svømmeaktivitet eller fluktnespons. Dog må man ta i betraktning den lange trengetiden som etterhvert medførte en relativt langsom reduksjon i pH. Gjennomsnittsverdien for trent fisk var 0.3 pH-enheter lavere enn for kontrollfisk (Tabell 5).



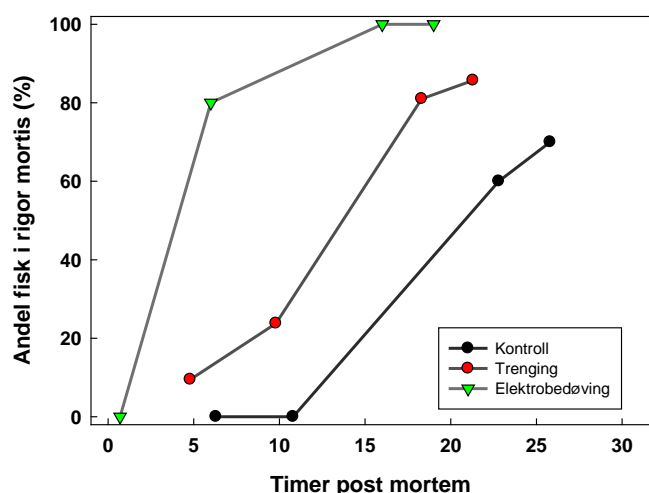
Figur 9 - Initial pH i hvit muskel hos slaktelaks målt under trening i avkast før pumping til slaktelinje. Hvert målepunkt representerer én fisk. Grønn linje: Typisk hvile-pH i laks. Rød linje: pH i utmattet laks (laveste pH mulig i levende laks). Området mellom grønn og rød linje representerer således vinduet for pH i laksemuskel som påvirkes av anaerobt muskellarbeid (fluktnespons). Sort stiple linje: regresjonslinje.

3.2.4 Fiskevelferd i lukket merd

Vannkvaliteten var god og stabil under hele perioden fisken befant seg i den lukkede ventemerden. Videre ble ikke fisken tørrlagt (eksponert mot luft) under trenging. Siden det heller ikke var en entydig sammenheng mellom stress og velferd kan vi ikke, ut i fra dagens kunnskapsstatus, påpeke spesielle forhold som objektivt sett kunne dokumentere dårlig velferd. I og med at en tilstreber å sørge for god vannkvalitet i lukkede system er det i prinsippet ingen forskjell mellom et åpent og lukket system med hensyn til velferd. I et lukket system er bruk av et oksygeneringsystem en nødvendighet. Hos Kråkøy slakteri AS oksygeneres vannet blant annet nær der hvor avkastet i Merd #6 settes. Dette kan være fordelaktig ved trengoperasjoner.

3.2.5 Slaktelinje og rigor mortis

Etter trenging ble fisken pumpet til et "swim-in"-system plassert foran elektrobedøveren. Deretter ble vannet drenert vekk og fisken gikk på transportbåndet gjennom bedøveren. Bortsett fra et noe lavere glukoseinnhold ($P < 0,05$), viste blodprøvene fra fisk tatt ut etter bedøving at verdiene ikke var signifikant forskjellig fra trengt fisk (Tabell 5). Med hensyn til initial pH i muskel, var det heller ingen signifikant forskjell mellom trengt og elektrobedøvd fisk til tross for lavere gjennomsnittlig pH i sist nevnte gruppe. Store individuelle forskjeller i pH under trenging (Figur 9) kan forklare dette. Med hensyn til respons på kortvarig elektrisk stimulering av muskelen ("sammentrekning" i Tabell 5), var det ingen forskjell mellom kontroll, trengt og bedøvd fisk ($P > 0,05$). Det er velkjent at det er en direkte sammenheng mellom nivået av initial pH og tid til inntreden i rigor mortis, desto lavere initial pH er, desto kortere blir pre-rigortiden. Initial pH for fisk i gruppene kontroll, trenging og elektrobedøving var henholdsvis pH 7,49, 7,23 og 7,09 (Tabell 5) noe som resulterte i rigorforløp som vist i Figur 10. Vi ser at gruppene skilte seg klart fra hverandre. For eksempel ser vi at tidene hvor 50 % av fisken var i rigor var henholdsvis 4, 13 og 21 timer post mortem for gruppene Elektrobedøving, Trenging og Kontroll. For elektrobedøvd fisk var 100 % i rigor etter 16 timer, mens 20 og 30 % av trengt fisk og kontrollfisk hadde fortsatt ikke gått i rigor etter henholdsvis 21 og 26 timer.



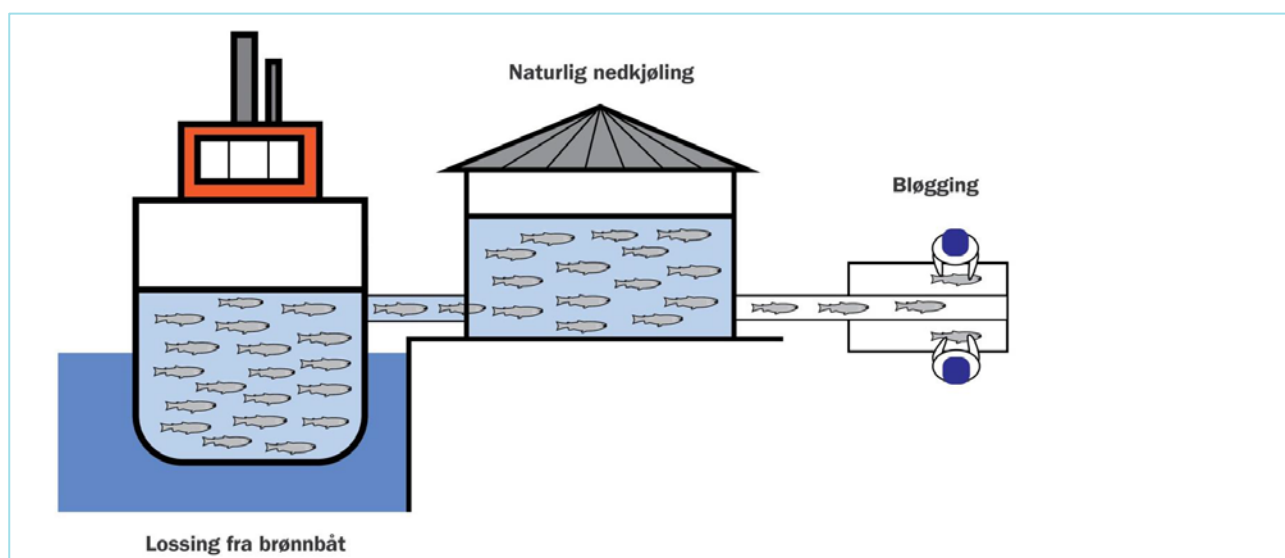
Figur 10 – Utvikling av dødsstivhet hos slaktelaks avlivet før (kontroll) og under trenging, samt etter elektrobedøving. Fisken ble umiddelbart lagt på is etter avliving. Målepunktene representerer middelveiene av 10 (Kontroll og Elektrobedøving) og 21 fisk (Trenging).

3.2.6 Konklusjoner

- Vannkvaliteten i lukket ventemerde var god under hele fiskens oppholdstid i systemet.
- På grunn av tilstrekkelig lang oppholdstid etter transport og lav sjøtemperatur var fisken i hviletilstand, definert i forhold til muskelens biokjemi, før trengoperasjonen tok til.
- Definert ut fra blodkjemi var konklusjonen i hovedsak den samme med unntak at et noe forhøyet kortisolnivå.
- Sammenliknet med tidligere erfaringer var derfor utgangspunktet (kontrollfisk) for videre evaluering av trenging og prosessering nærmest ideelt.
- Trengoperasjonen, som var langvarig, forgikk ved konstant høy fisketetthet og lav sjøtemperatur.
- Under slike forhold var det meget store individvariasjoner med hensyn til plasma kortisol, klorid og pH i blod. Det var derfor ikke mulig å trekke entydige konklusjoner med hensyn til trengetid.
- Glukosenivået varierte lite under trenging mens en svak økning ble observert for laktat i blod.
- Initial pH i muskel varierte også en god del men her var det imidlertid en klar trend som viste at fisken ble stadig mer stresset (men ikke utmattet) under trenging (til tross for at fiskens svømmeaktivitet var relativt rolig i avkastet).
- Forløpet av rigor mortis var markant forskjellig for de tre gruppene fisk. Rangert etter økende pre-rigortid fant vi: elektrobedøvd fisk < trengt fisk < uforstyrret fisk i ventemerde (kontroll).
- Gode miljøforhold i den lukkede merden gjorde at fiskevelferden ble vurdert som tilfredsstillende sett i forhold til dagens kunnskapsstatus.

4 Bremnes Seashore

Figur 11 viser prinsippene for Bremnes Seashors ventemerde. Fisken trykklosses fra brønnbåt til den landbaserte ventemerden hvor den restitueres i 1-3 døgn før den overføres, uten pumping, til slakteprosessen.



Figur 11: Prinsippskisse

4.1 Gjennomføring

I forbindelse med prosjektet "Lukket ventemerde ved lakseslakterier" finansiert av FHF, ble det den 31 august 2016 foretatt en sammenligning mellom tradisjonell og ny prosesslinje ved Bremnes Seashore. Formålet med prosjektet er å vurdere ulike konsepter (ny teknologi) for lukket ventemerde med hensyn på fiskevelferd, stress, vannkvalitet og pre-rigortid. Per i dag er begge prosesslinjene i bruk. Den tradisjonelle linjen består av følgende enheter: åpen ventemerde – trykk/vakuumpumpe – RSW kjølekar – elektrobedøver – avliving (bløgging). I den nye linjen overføres fisken (vha. trykk/vakuumpumpe, skyveskott eller trykklossing) direkte fra brønnbåt til en landbasert restitusjonstank som i prinsippet fungerer som en lukket ventemerde. Dypvann (8-9°C) pumpes inn på tanken. I tillegg er det mulig å forkjøle fisken ved bruk av RSW. Oksygenivået holdes rundt 100 % metning og dessuten luftes vannet for å sikre at nivået karbondioksid holdes lavt. Utslippsvannet fra tanken filtreres og UV-behandles før det går tilbake til resipienten. I denne undersøkelsen ble systemet kun evaluert som lukket ventemerde - ikke som kjøletank. Tømming av tanken skjer ved bruk av et skyvbart skott som gradvis reduserer volumet slik at fisken går ut i tankens bunn. Herfra flyter fisken passivt, på grunn av høydeforskjeller, inn på elektrobedøveren. I forsøket ble fisken ført via RSW-karet for å holde de to prosesslinjene like.

Laksen, sultet i 5 dager, ble levert med brønnbåten M/S Øytind den 30 august 2016. Ca 100 tonn ble trykklosset til den åpne ventemerden i tidsrommet 14:00-15:00. Lossing (ca 100 tonn) til den lukkede tanken ble deretter foretatt ved bruk av trykk/vakuumpumpe mellom kl 18:25 – 21:15. Det ble tatt ut 10 laks (snittvekt 5 kg) til analyse på følgende steder:

Tradisjonell linje: (a) åpen ventemerde (fra start trenging, like etter avkastet ble satt), (b) etter pumping til RSW-karet, (c) etter RSW-karet (oppholdstid ca 30 min, vanntemperatur 4 – 5 oC), og (d) etter elektrobedøving. Restitusjonstid, regnet fra avsluttet lossing fra brønnbåt til uttak av første fisk, var 16 timer 50 min.

Lukket tank: (a) ved innløp til RSW-tank, (b) etter RSW-kar (oppholdstid ca 30 min), og (c) etter elektrobedøving. Restitusjonstid, regnet fra avsluttet lossing til uttak av første fisk, var 15 timer 6 min.

Prøveuttaket skjedde ved å raskt håve ut en fisk i gangen og avlive denne med slag i hodet etter 5 – 10 sek. Det ble tatt blodprøver for analyse av pH, glukose og laktat (melkesyre) i helblod samt på plasma kortisol, klorid og osmolalitet. Grad av anaerob muskelaktivitet (fluktrespons) ble målt som initiell pH i hvit muskel. I tillegg ble kroppstemperatur og muskelens respons ved elektrisk stimulering (9V) målt. Øyerull (VOR) ble registrert på elektrobedøvd fisk (før avliving ved slag i hodet). Tilslutt ble fiskens lengde og vekt målt før tiden til inntreden i rigor mortis ble registrert.



Vannprøver ble tatt ut fra ventemerde (i avkastet), RSW-karet, lukket tank (overløp før lufter), samt på tankens utløp (like etter UV-enheten). To vannprøver ble tatt ut på hvert sted, en til bakteriologisk analyse (TVC og Vibrio sp), og en til kjemisk analyse (TAN, total organisk karbon (TOC), fargetall og turbiditet). I tillegg ble mengde løst oksygen, pH og temperatur målt på de samme stedene.

Figur 12: Trenging av fisk

4.2 Resultater og diskusjon

Mesteparten av datamaterialet er ikke prosessert ennå, men noe viktige resultater er imidlertid klare. Midlere (\pm SEM, $n=10$) pH i muskel hos fisk i avkastet var $6,96 \pm 0,04$. Sammenliknet med hvile-pH på rundt 7,6 viser dette at fisken var betydelig stresset allerede før pumping, noe som for så vidt ikke er overraskende på bakgrunn av den høye sjøtemperaturen. Fiskens kroppstemperatur i åpen ventemerd og etter pumping var 16-17°C. pH-verdiene etter pumping, etter RSW-kar og etter elektrisk bedøving var henholdsvis $6,69 \pm 0,03$, $6,82 \pm 0,06$ og $6,83 \pm 0,09$. Stress i merd (trenging) forårsaket en reduksjon i pH og videre prosessering påvirket pH i liten grad.

Fisken fra den lukkede tanken hadde en midlere pH-verdi på $7,21 \pm 0,02$ målt på RSW-karets innløpsside. På utløpssiden var pH $7,34 \pm 0,04$ mens etter elektrisk bedøving var pH $7,16 \pm 0,13$. Den store forskjellen mellom de to prosesslinjene må bety at fisken i tanken var helt eller delvis restituert og at overføringen av fisk fra tanken til RSW-karet var skånsom. I tråd med dette var pre-rigortiden for fisk fra den lukkede tanken betydelig lenger enn for fisk fra den åpne merden. Eksempelvis kan nevnes at 5 av 30 fisk fra den lukkede tanken hadde fremdeles ikke gått inn i rigor etter 24 timer post mortem!

Resultater fra in situ punktmålinger (SINTEF), loggede data (Bremnes Seashore) og vannprøver (ALS Laboratory Group, Norway) er vist i Tabell 1. Resultatene fra åpen merd representerer vannkvaliteten i første avkast fra merden den aktuelle dagen. Fisken ble pumpet inn på RSW-karet der vannkvaliteten også ble sjekket. Merk at fisk og kjølt vann går i motstrøm i dette karet. Fiskens oppholdstid i karet var omlag 30 min. Det ble tatt målinger og vannprøver fra den lukkede tanken (som her fungerte som lukket ventemerd) 13 timer etter endt lossing fra brønnbåt. Fisketettheten i denne perioden var 118 kg/m^3 . Vannprøvene ble tatt ut foran lufteren. En viss andel av vannet i tanken går ut i sjøen etter at vannet filtreres og UV-bestråles.

Tabell 1 – Vannkvalitet på ulike prosessstrinn ved Bremnes Seashore.

Parameter	Merd (åpen) ⁽¹⁾	RSW-kar ⁽²⁾	Tank (lukket) ⁽³⁾	Utløp ⁽⁴⁾
Løst oksygen (% metning) in situ	77	61 (innløp) 67 (midt) 86 (utløp)	90 – 105 (logg)	104
pH (vannprøve, ALS lab)	7,9	7,0	7,3	7,4
pH (in situ)	8,20 (merd) 8,10 (vannprøve, like etter uttak)	7,30 (innløp) 7,50 (midt) 7,55 (utløp)	7,29 (før lufter, i vannprøve)	7,46
Temperatur (in situ) (°C)	15,8	5,3 (innløp) 5,0 (midt) 4,8 (utløp)	8,5 (logg)	8,8
Karbondioksid (mg/l)*	< 2	12 (pH 7,0) 4 (pH 7,55)	6 (pH 7,3)	5 (pH 7,5)
TAN (mg/l)	0,027	0,24	0,099	0,072
NH ₃ (µg/l)**	pH 8,2: 0,7 (1,2) pH 8,1: 0,5 (1,0) pH 7,9: 0,3 (0,6)	pH 7,55: 0,6 (1,1) pH 7,3: 0,3 (0,7) pH 7,0: 0,2 (0,3)	0,2 (0,4)	0,2 (0,4)

TOC (mg/l)	2,2	3,7	2,5	2,6
Fargetall (mg Pt/l)	< 2	3	< 2	< 2
Turbiditet (FNU)	0,42	3,7	0,88	0,72
<i>Vibrio</i> sp (cfu/ml)	1200	1600	1000	0
TVC (cfu/ml)	1400	4000	2000	5

(1) I avkast under trenging; (2) "Innløp" og "utløp" referer her til fiskens flyt gjennom systemet. Vannstrømmen har motsatt retning; (3) Tanken fungerte som lukket ventemerd der fisken fikk restituere seg før slakting; (4) Etter vannrensing ved filtrering og UV-behandling. *Avlest fra kurve over $CO_2 = f(pH)$ for sjøvann ved ulike temperaturer; **Beregnet fra TAN ($= NH_4^+ + NH_3$), pH og temperatur ut i fra tabeller gitt av Emerson, K., Russo, R.C., Lund R.E. & Thurston, R.V. (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 2379 – 2383. Beregningen kan enten foretas ved bruk av et regneark (kontinuerlig variable), se <http://fishculture.fisheries.org/resources/fish-hatchery-management-calculators/>, eller ved tabeller hvor ekstrapolering kan være nødvendig. Ammoniakkverdiene beregnet fra regneark er oppgitt mens ekstrapolerte verdier basert på avlesning av tabellene (hvor intervaller er oppgitt) i publikasjonen er gitt i parentes.

I forbindelse med uttak av fisk fra merd, ble løst oksygen (DO), pH og temperatur målt i sjø like utenfor ventemerdene. Verdiene var henholdsvis 92-95% metning, pH 8,28 og 15,9°C.

Til tross for høy fisketetthet under trenging og høy sjøtemperatur var oksygenmetningen høy (77%) i avkastet. I RSW karet ser vi en tydelig effekt av at vann og fisk går i motstrøm. På vannets innløpside var metningen høy (86%) som så avtok til 61% på vannets utløpside. Dette reflekterer naturligvis fiskens oksygenforbruk i karet. Nivåene må anses som tilfredsstillende. I tanken ("lukket ventemerd") og på utløpsvannet lå oksygennivået i området 90 – 105 % metning under hele perioden regnet fra lossing fra brønnbåt.

pH i den åpne ventemerden viste typiske verdier for reint sjøvann (pH > 8,0). På grunn av fiskens respirasjon ble vannet i RSW-tanken og i den lukkede tanken noe mer surt. In situ målingene viste at pH i RSW-karet sank fra pH 7,55 (vannets innløpside) til pH 7,30 (vannets utløpside). pH i vannprøvene for både merd- og RSW-prøvene, målt ved ankomst til laboratoriet, var minst 0,3 pH-enheter lavere enn det in-situ målingene viste. Dette synes noe merkelig, den motsatte tendensen ville ha vært forståelig fordi innholdet av karbondioksid-gass vil normalt tapes fra prøven, noe som medfører en pH-økning. Mengden CO_2 i alle prosessstrinn var uansett lav, < 12 mg/l, så vi kan generelt konkludere med at både pH- og CO_2 -nivåene i alle prosessstrinnene var tilfredsstillende sett i forhold til stress og fiskevelferd. For oppdrett anbefaler Mattilsynet pH-verdier rundt 6,2-7,8 og karbondioksidnivåer < 15 mg/l.

Fisken, som var akklimatisert til omlag 16 °C, ble gradvis kjølt ned i vann av 8–9 °C og 5 °C før den ble avlivet.

Innholdene av både totalt ammonium (TAN) og giftig ammoniakk (NH_3) var svært lave i alle trinn i prosesslinjen (< 0,2 mg TAN/l). Til sammenlikning kan det nevnes at Mattilsynet anbefaler TAN-nivåer lavere enn 2 mg/l for oppdrett av laks. Når det gjelder grenseverdier for ammoniakk i oppdrett, anbefales det generelt (litteraturverdier) at nivåene ikke overskrider 12-25 µg/l. Ammoniakknivåene i alle prosessstrinnene vist i Tabell 1 var alle betydelig lavere enn dette ($\leq 0,7$ µg/l).

Total organisk karbon (TOC) vil blant annet inneholde fiskeslim (glykoproteiner) som kan medføre skumming i lukkede system. Innholdet var lavt i alle prosessstrinn (2,2 – 3,7 mg/l). Innholdet var dermed lavere enn maksimumsgrensen anbefalt av Mattilsynet (<10 mg/l).

Generelt var vannet lite misfarget i alle prosessstrinn (< 2 – 3 mg Pt/l). Til sammenlikning kan nevnes at destillert vann og rent vann har typiske verdier på henholdsvis 0 og 2 mg Pt/l.

Turbiditeten er relatert til partikkelinnholdet i vannet. Verdiene vist i Tabell 1 må anses lave, men hvor partikkelinnholdet i RSW-karet var høyere (3,7 FNU) enn i de andre delprosessene (0,4 - 0,9 FNU).

Innholdet av bakterier, både totalt kimtall (TVC) og *Vibrio* sp var relativt like i ventemerd, RSW-kar og lukket tank. Nivåene varierte mellom henholdsvis 1400 – 4000 og 1200 - 1600 cfu/ml. Vi ser at vannbehandlingen eliminerte *Vibrio* sp bakteriene og hvor det også var svært få levedyktige bakterier i prøven som kunne gi opphav til kolonier ved TVC-analyse.

Samlet sett kan vi konkludere med at vannkvaliteten var tilfredsstillende i alle prosessstrinn.

4.2.1 Fiskvelferd i lukket merd

Vannkvalitet og fiskevelferd

- Basert på bakteriell og kjemisk analyse var vannkvaliteten i alle prosessstrinn foruten RSW tanken gode. For RSW tanken var de tilfredsstillende.
- Med vannkvalitet som kriterium kan fiskevelferden anses som god.
- Med hensyn til utslipp til resipient, var vannkvaliteten god noe som viste at enheten for vannrensing (filter og UV) fungerte godt.

4.2.2 Slaktelinje og rigor mortis

Pre-rigortid (lagring på is)

- Etter 9-14 timer post mortem var de fleste fiskene fra tradisjonell prosesslinje i mer eller mindre sterk rigor, noe som betyr at pre-rigortiden var betydelig kortere enn dette.
- På det samme tidspunktet var svært få av fisken fra "ny" prosesslinje i rigor. Etter 24 timer var 17 % av fisken fremdeles i pre-rigortilstand.

4.2.3 Konklusjoner

Stress

- I den tradisjonelle linjen var fisken betydelig stresset allerede i avkastet. Ved videre prosessering ble fisken noe mer stresset. Det må påpekes at sjøtemperaturen var høy (16°C), noe som medfører at fiskens aktivitetsnivå er høyt.
- Restituert fisk fra den lukkede tanken, samt, kanskje noe overraskende, etter RSW-kar og elektrobedøving, var enten "noe" stresset eller tilnærmet ustresset.

5 Sammendrag

Det har i perioden januar-august 2016 vært gjennomført målinger av fiskekvalitet og vannkvalitet på det lukkede sjøbasert konseptet hos Kråkøy Slakteri AS i Roan og på det lukkede landbaserte konseptet hos Bremnes Seashore i Bømlo.

Sjøbasert konsept: Kråkøy Slakteri AS

- Vannkvaliteten i lukket ventemerd var god under hele fiskens oppholdstid i systemet.
- På grunn av tilstrekkelig lang oppholdstid etter transport og lav sjøtemperatur var fisken i hviletilstand, definert i forhold til muskelens biokjemi, før trenging tok til.
- Definert ut fra blodkjemi var konklusjonen i hovedsak den samme med unntak at et noe forhøyet kortisolnivå.
- Sammenliknet med tidligere erfaringer var derfor utgangspunktet (kontrollfisk) for videre evaluering av trenging og prosessering nærmest ideelt.
- Trenging, som var langvarig, forgikk ved konstant høy fisketetthet og lav sjøtemperatur.
- Under slike forhold var det meget store individvariasjoner med hensyn til plasma kortisol, klorid og pH i blod. Det var derfor ikke mulig å trekke entydige konklusjoner med hensyn til trengingstid.
- Glukosenivået varierte lite under trenging mens en svak økning ble observert for laktat i blod.
- Initial pH i muskel varierte også en god del men her var det imidlertid en klar trend som viste at fisken ble stadig mer stresset (men ikke utmattet) under trenging (til tross for at fiskens svømmeaktivitet var relativt rolig i avkastet).
- Forløpet av rigor mortis var markant forskjellig for de tre gruppene fisk. Rangert etter økende pre-rigortid fant vi: elektrobedøvd fisk < trengt fisk < uforstyrret fisk i ventemerd (kontroll).
- Gode miljøforhold i den lukkede merden gjorde at fiskevelferden ble vurdert som tilfredsstillende sett i forhold til dagens kunnskapsstatus.

Land basert konsept: Bremnes Seashore

- Basert på bakteriell og kjemisk analyse var vannkvaliteten i alle prosessstrinn foruten RSW tanken gode. For RSW tanken var de tilfredsstillende.
- Med vannkvalitet som kriterium kan fiskevelferden anses som god.
- Med hensyn til utslipp til resipient, var vannkvaliteten god noe som viste at enheten for vannrensing (filter og UV) fungerte tilfredsstillende.
- Etter 9-14 timer post mortem var de fleste fiskene fra tradisjonell prosesslinje i mer eller mindre sterk rigor, noe som betyr at pre-rigortiden var betydelig kortere enn dette.

- På det samme tidspunktet var svært få av fisken fra "ny" prosesslinje i rigor. Etter 24 timer var 17 % av fisken fremdeles i pre-rigortilstand.
- I den tradisjonelle linjen var fisken betydelig stresset allerede i avkastet. Ved videre prosessering ble fisken noe mer stresset. Det må påpekes at sjøtemperaturen var høy (16°C), noe som medfører at fiskens aktivitetsnivå er høyt.
- Restituert fisk fra den lukkede tanken, samt, kanskje noe overraskende, etter RSW-kar og elektrobedøving, var enten "noe" stresset eller tilnærmet ustresset.

6 Referanser

Einarsdottir IE & Nilsen KJ (1996). Stress responses of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) elicited by water level reduction in rearing tanks. *Fish Physiol Biochem* 15: 395-400.

Emerson K, Russo RC, Lund RE & Thurston RV (1975). Aqueous ammonia equilibrium calculations: effect of pH and temperature. *J Res Board Can* 32: 2379-2383.

Wells RMG & Pankhurst NW (1999). Evaluation of simple instruments for the measurements of blood glucose and lactate, and plasma protein as stress indicators in fish. *J World Aquaculture Soc* 30: 276-284.

Woodward CC & Strange RJ (1987). Physiological stress responses in wild and hatchery-raised rainbow trout. *Trans Am Sci Soc* 116: 574-579.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no