

# Postsmoltproduksjon i resirkulert sjøvann på land

Astrid Buran Holan og Jelena Kolarevic





Nofima er et næringsrettet forskningsinstitutt som driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Nofima har om lag 350 ansatte.

Hovedkontoret er i Tromsø, og forskningsvirksomheten foregår på fem ulike steder: Ås, Stavanger, Bergen, Sunndalsøra og Tromsø

**Hovedkontor Tromsø:**

Muninbakken 9–13  
Postboks 6122 Langnes  
NO-9291 Tromsø

**Ås:**

Osloveien 1  
Postboks 210  
NO-1431 ÅS

**Stavanger:**

Måltidets hus, Richard Johnsensgate 4  
Postboks 8034  
NO-4068 Stavanger

**Bergen:**

Kjerreidviken 16  
Postboks 1425 Oasen  
NO-5844 Bergen

**Sunndalsøra:**

Sjølseng  
NO-6600 Sunndalsøra

**Felles kontaktinformasjon:**

Tlf: 02140  
E-post: [post@nofima.no](mailto:post@nofima.no)  
Internett: [www.nofima.no](http://www.nofima.no)

**Foretaksnr.:**

**NO 989 278 835**

# Rapport

		ISBN: 978-82-8296-333-6 (trykt) ISBN: 978-82-8296-334-3 (pdf) ISSN 1890-579X
<b>Tittel:</b> <b>Postsmoltproduksjon i resirkulert sjøvann på land</b>		<b>Rapportnr.:</b> 40/2015
		<b>Tilgjengelighet:</b> <b>Åpen</b>
<b>Forfatter(e)/Prosjektleder:</b> Astrid Buran Holan og Jelena Kolarevic		<b>Dato:</b> 5. oktober 2015
<b>Avdeling:</b> Produksjonsbiologi		<b>Ant. sider og vedlegg:</b> 15
<b>Oppdragsgiver:</b> VRI Trøndelag Lerøy Midt AS		<b>Oppdragsgivers ref.:</b> VRI: Terje Bakken Lerøy Midt: Klemet Steen
<b>Stikkord:</b> Postsmolt, RAS, vannkvalitet, ytelse, velferd, kjønnsmodning		<b>Prosjektnr.:</b> 11037
<b>Sammendrag/anbefalinger:</b> <p>Lerøy Midnor igangsatte dette prosjektet for å tette kunnskapshull knyttet til fiskevelferd og fiskehelse, økonomiske hensyn og driftsmessige utfordringer i lukkede anlegg med resirkulert sjøvann på land.</p> <p>Ved prosjektets start (uke 15) ble 150000 smolt overført til sjø (merd 14, Slåttholmen), mens 150000 smolt fra samme sortering ble fordelt på 6 kar med resirkulert brakkvann (RAS) for postsmoltproduksjon på land. Produksjonen av postsmolten på land og smolten i merd 14 kunne da sammenlignes i denne perioden. Videre ble også postsmolten satt ut i sjø (merd 15, Slåttholmen) i uke 20. Merd 14 og 15 kunne da sammenlignes fra uke 20 og til prosjektets slutt (uke 37).</p> <p>Vannkvaliteten i RAS ble fulgt opp og dokumentert under postsmoltproduksjonen. Videre ble postsmoltens ytelse, akkumulert dødelighet, velferd og mulig kjønnsmodning fulgt opp. I sjøen ble det registrert ytelse, dødelighet og lusepåslag.</p> <p>Verdiene for nitritt, nitrat og TAN var innenfor anbefalte grenseverdier for postsmolt i RAS. Fjerning av TAN var over 85 %. CO<sub>2</sub> - konsentrasjonene i karene lå over anbefalte grenseverdier. Turbiditeten, og konsentrasjonen av partikler og organisk materiale var lave.</p> <p>Postsmolten på land hadde en høyere SGR og en lavere TGC enn kontrollgruppen i sjø, mens etter overføring av postsmolten til sjø, hadde postsmolten både høyere SGR og TGC, og ved prosjektets slutt hadde postsmolten en betydelig høyere vekt, lavere dødelighet, og mindre lusepåslag. I tillegg så det ut til at den tålte lusebehandling bedre. Det ble det ikke funnet alvorlige skader på postsmolten etter fasen på land, og det ble ikke funnet kjønnsmoden fisk.</p>		
<b>English summary/recommendation:</b> <p>Lerøy Midnor initiated this project in order to close knowledge gaps for production in closed systems with recycled seawater on land. 150,000 smolts were transferred to sea (cages 14, Slåttholmen), while 150,000 smolts from the same batch were redistributed in six tanks with recycled brackish water for post-smolt production on land. The post-smolts were after a period transferred to sea (cages 15, Slåttholmen).</p> <p>The water quality values were within recommended limits for post-smolt on land, except for CO<sub>2</sub> concentrations that exceed recommended limit. No severe damage was found to the post-smolt, and no sexually matured fish.</p> <p>The post-smolt on land had higher SGR and lower TGC than the control group in the sea, while after the transfer of post-smolt to sea, the post-smolt showed both a higher SGR and TGC, and at the end of the post-smolt had a higher weight, lower mortality and less sea lice infestation. The post-smolt handled the sea lice treatment better than the control group.</p>		

# Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Material og Metode .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Resultat og diskusjon .....</b>	<b>4</b>
3.1	Vannkvalitetsparametere .....	4
3.1.1	Fysiokjemiske parametere .....	4
3.1.2	CO <sub>2</sub> – konsentrasjoner .....	5
3.1.3	Nitrogenforbindelser .....	5
3.1.4	TAN-fjerning .....	6
3.2	Partikler .....	7
3.2.1	TSS .....	7
3.2.2	Turbiditet .....	7
3.2.3	Totalt organisk material (TOC) .....	8
3.3	Fisk .....	9
3.3.1	Fiskens ytelse .....	9
3.3.2	Velferdsscore .....	12
3.3.3	Veiledning og standardisering av prøveuttak .....	12
<b>4</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>15</b>

# 1 Bakgrunn

Lerøy Midnor avdeling Lensvik ønsker å se på mulighetene for å produsere postsmolt i lukket anlegg på land med resirkulert brakkvann. Produksjon av postsmolt i anlegg på land har vært, og er under utprøving, og det er mange utfordringer knyttet til denne type produksjon. Som et ledd i forberedelsene til å starte produksjon i slike anlegg, ønsket Lerøy Midnor avd. Lensvik å igangsette et prosjekt for å bidra til å tette kunnskapshull og løse utfordringer knyttet til fiskevelferd og fiskehelse, teknologi-utfordringer, økonomiske hensyn og driftsmessige utfordringer i lukkede anlegg med resirkulert sjøvann på land.

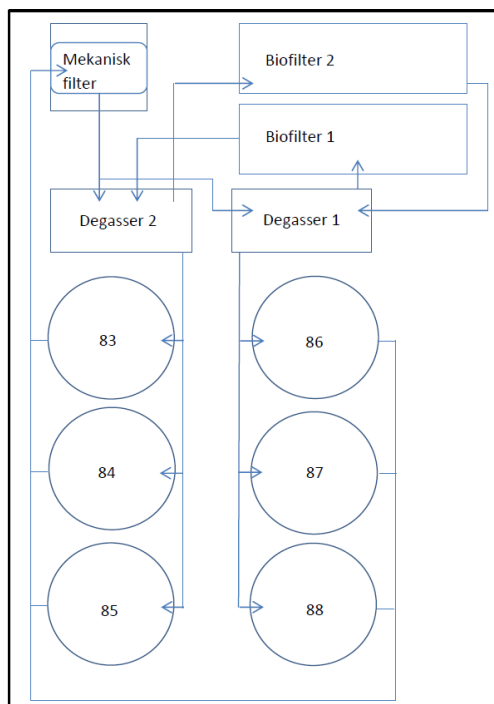
Ved anlegget i Lensvik er det allerede et resirkuleringsanlegg som i hovedsak er brukt til ferskvann, men som også kan fungere optimalt ved bruk av sjø. Prosjektet ble gjennomført her. Det frigitt 150 000 smolt til dette prosjektet.

Første del av prosjektet varte fra 7. april (uke 15) 2015 til 13. mai (uke 20). I uke 15 ble 150000 smolt overført til sjø (merd 14, Slåttholmen), mens de resterende 150000 smolt fra samme sortering ble fordelt på 6 kar (100 m<sup>3</sup>) på land med resirkulert brakkvann (ca.13 ppt. S) og omtrent 12 °C. Samme typer kar ble brukt til postsmoltproduksjonen som til smoltproduksjonen. Postsmolten på land ble fulgt opp når det gjaldt ytelse (vekt, vekstrate (Spesifikk Growth Rate (SGR) og Thermal growth coefficient, (TGC)), akkumulert dødelighet, velferdsscore og eventuell kjønnsmodning (gonadosomatic index (GSI)). Vannkvalitet i RAS (nitrogenforbindelser, alkalinitet, salinitet, pH, temperatur, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, totalt organisk karbon (TOC), totalt suspendert stoff (TSS) og turbiditet) ble målt i vannbehandlingssystemet og utløpet av karene i løpet av første fase.

Smolten som ble satt ut i merd 14 i uke 15 ble fulgt opp når det gjaldt ytelse, dødelighet og lusepåslag, og ble brukt som kontrollgruppe til postsmolten som ble igjen på land. I uke 20 ble også postsmolten satt ut i sjøen (merd 15, Slåttholmen). Merd 14 og merd 15 kunne da sammenlignes når det gjaldt fiskens ytelse, akkumulert dødelighet (etter 30 og 100 dager i sjø) og lusepåslag.

## 2 Material og Metode

Prosjektet varte fra 7. april 2015 til 13. mai 2015, 36 dager. I uke 15 ble 150 000 smolt overført til sjø, mens de resterende 150 000 ble fordelt på 6 kar (100 m<sup>3</sup>) med resirkulert brakkvann (ca.13 ppt S), kontinuerlig lys, vanntemperatur på 10-12°C, og kontinuerlig fôring. Figur 1 viser systemets oppbygging. Fisken veide omtrent 130g ved start, tilsvarende omtrent 32 kg/m<sup>3</sup>. Systemvolum ble beregnet til 774 m<sup>3</sup>, og hovedstrøm og spede vann ble satt til respektive 960 m<sup>3</sup>/h og 27 m<sup>3</sup>/h. Dette resulterte i 84 % vannutskifting (av totalt systemvolum), en oppholdstid i karene på 35-40 min, og en resirkuleringsgrad på 97 %.



*Figur 1 RAS-anlegget ved Lerøy Midnor, Lensvik. Vann fra degasser 1 går til biofilter 1, så til degasser 2 og deretter til kar. Vann fra degasser 2 går til biofilter 2, så til degasser 1 og deretter til kar. Alt vannet fra alle karene samles i et mekanisk filter for partikkelfjerning. Rødt symbol markerer prøvetakningspunktene.*

Vannprøver for analyse av vannkvalitetsparametere ble tatt ut ved prosjektets start (uke 15, utført av Nofima), midt i perioden (uke 18, utført av Lerøy) og ved prosjektets slutt (uke 20, utført av Nofima) fra 3 utvalgte kar, fra degasser og fra utløpet av biofilter. Følgende vannkvalitetsparametere ble analysert: Nitrogen (N) - forbindelser (TAN: NH<sub>4</sub>-N + NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N og NO<sub>3</sub>-N) (Autoanalyzer "OI Analytical Flow Solution IV"), alkalinitet (test kit og digital titrator, HACH, Loveland, Colorado, USA), TSS (etter Norsk Standard NS-EN 872), TOC (Lotix fra Teledyne Tekmar, High Temperature Combustion (HTC)), CO<sub>2</sub> (Franatech), salinitet/ konduktivitet (XX), pH (WTW, SenTix<sup>®</sup> 980 probe), temperatur (WTW, SenTix<sup>®</sup> 980 probe), O<sub>2</sub> (Oxyguard handy Polaris II), og turbiditet (Turbiquant 1500 IR, Merck).

Ved prosjektets start og slutt ble det målt vannhastighet i kar (Nortek vector). Det ble i tillegg gjennomført velferdsscore på fisk som følger:

Eksterne velferdsindikatorer ble undersøkt ved to anledninger under postsmoltproduksjonen ved Lerøys anlegg i Lensvik. Følgende karakteristikk ble gitt score ifølge Kolarevic et al. (2012) den 8. april

og den 13. mai 2015: katarakt, lesjoner på skinn, operculum skade, og dorsal, caudal, pectoral og pelvic finnestatus. 30 tilfeldig utvalgte fisk tatt ut fra 6 kar, og de ble gitt score av den samme personen begge gangene. For katarakt, lesjoner i skinn og operculum skade ble skaden rangert fra 0 til 2, der 0 representerer fravær av skade, mens score 2 markerer alvorlig skade. For finnestatus ble skaden ranger mellom 0 og 5, der den høyeste score representerer mest alvorlig skade. For å få en bedre beskrivelse av tilstanden, ble det i tillegg notert hvilken type skade og hvor skaden befant seg.

Nofima undersøkte også kjønnsmodning (gonadosomatic index, GSI) ved å veie fiskens gonader, 20 fisk fra alle 6 kar. Det ble også gitt veiledning ved Lerøy Midnor avd. Lensvik i forhold til prøveuttak, og standardisering av det.

Underveis i forsøket ble det jevnlig tatt ut vannprøver som ble analysert ved Lerøys eget laboratorium, dette for sammenligning med Nofima's resultater, og for å sikre en jevnlig oppfølging.

Fiskens ytelse (vekt, vekstrate (Spesifikk Growth Rate (SGR) og Thermal Growth Coefficient (TGC)), og akkumulert dødelighet ble fulgt opp, dette for senere kunne sammenligne med fiskegruppen som ble overført til sjø.

SGR (% d-1) ble beregnet fra gjennomsnittlig individvekt ( $W_t$ ) ved tiden  $t$ , og startvekt ( $W_0$ ) ved tiden  $t_0$  (Ligning 1):

$$SGR (\% d-1) = (\ln W_t - \ln W_0) * 100 / (t - t_0) \quad (1)$$

TGC ble beregnet fra gjennomsnittlig individvekt ( $W_t$ ) ved tiden  $t$ , startvekt ( $W_0$ ) ved tiden  $t_0$ , og gjennomsnittlig grader gjennom et døgn multiplisert med antall dager (døgne-grader) (Ligning 2)

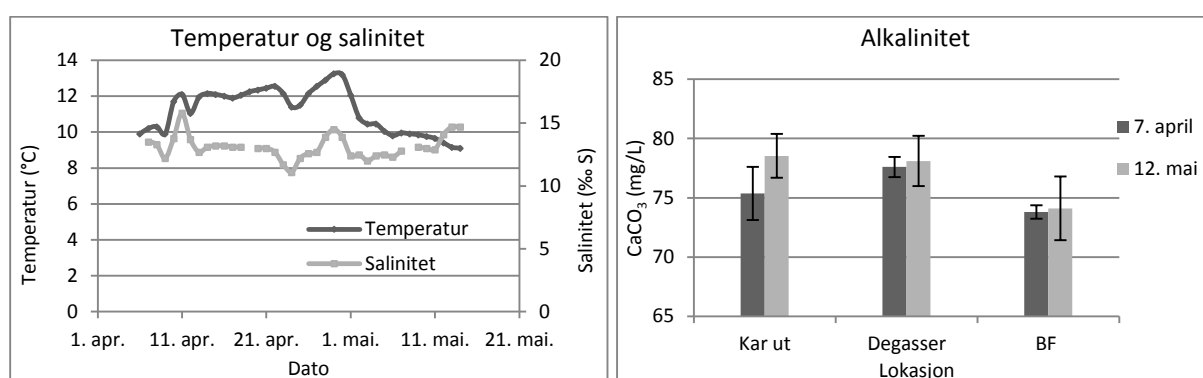
$$TGC = [(W_t^{1/3} - W_0^{1/3}) \times (\text{grader} \times \text{døgn})^{-1} \times 1000] \quad (2)$$

### 3 Resultat og diskusjon

#### 3.1 Vannkvalitetsparametere

##### 3.1.1 Fysiokjemiske parametere

Temperaturen ble holdt rundt 12 °C ( $11,9 \pm 0,8$  °C) i den første perioden av forsøket, for så å bli gradvis kjørt ned til rundt 9 °C 12 dager før utsett, dette for å tilvenne fisken til lavere temperaturer før utsett. Gjennomsnittlig temperatur for hele forsøksperioden var  $11,2 \pm 1,2$  °C. Saliniteten ble holdt rundt 13 ‰ S underveis i forsøket, men ble gradvis økt mot slutten til 15 ‰ S for å klargjøre for utsett. Alkaliteten lå på rundt 73-77 mg/L CaCO<sub>3</sub> ved forsøkets start, mens det ved forsøket slutt lå på rundt 78 mg/L CaCO<sub>3</sub> i utløpet av karene og i degasser, og noe lavere i utløpet fra biofiltrene (74 mg/L CaCO<sub>3</sub>). Det ble observert en økning over tid ved alle lokasjoner, men forskjellen var ikke signifikant (Figur 2).

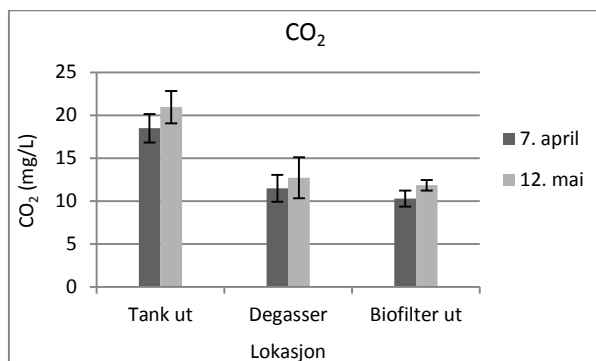


Figur 2 Temperatur og salinitet i fiskekarene, og alkalinitet i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF).



### 3.1.2 CO<sub>2</sub> – konsentrasjoner

Det ble målt høye CO<sub>2</sub>-konsentrasjoner i anlegget. Vannet som går inn til karene (fra degasser) hadde ved prosjektets start og slutt en CO<sub>2</sub> konsentrasjon på henholdsvis  $11,5 \pm 1,6$  mg/L og  $12,7 \pm 2,4$  mg/L. Dette er noe høyt, og kan tyde på at degasseren ikke fungerer optimalt. Systemet er designet for ferskvann, og siden avgassing av sjøvann er vanskeligere enn avgassing av ferskvann, bør dette følges opp. CO<sub>2</sub> konsentrasjonen ut av karene ved prosjektets start og slutt lå på henholdsvis  $18,5 \pm 1,7$  mg/L og  $20,9 \pm 1,9$  mg/L (Figur 3). Dette er noe høye verdier, og ligger over anbefalt grenseverdi for CO<sub>2</sub> for post-smolt i lukkede anlegg (16 mg/L) (Fivelstad et al. 2014). Det så ut til at det var en tendens til at CO<sub>2</sub> konsentrasjonen økte noe over tid ved alle lokasjonene, men forskjellen var ikke signifikant.

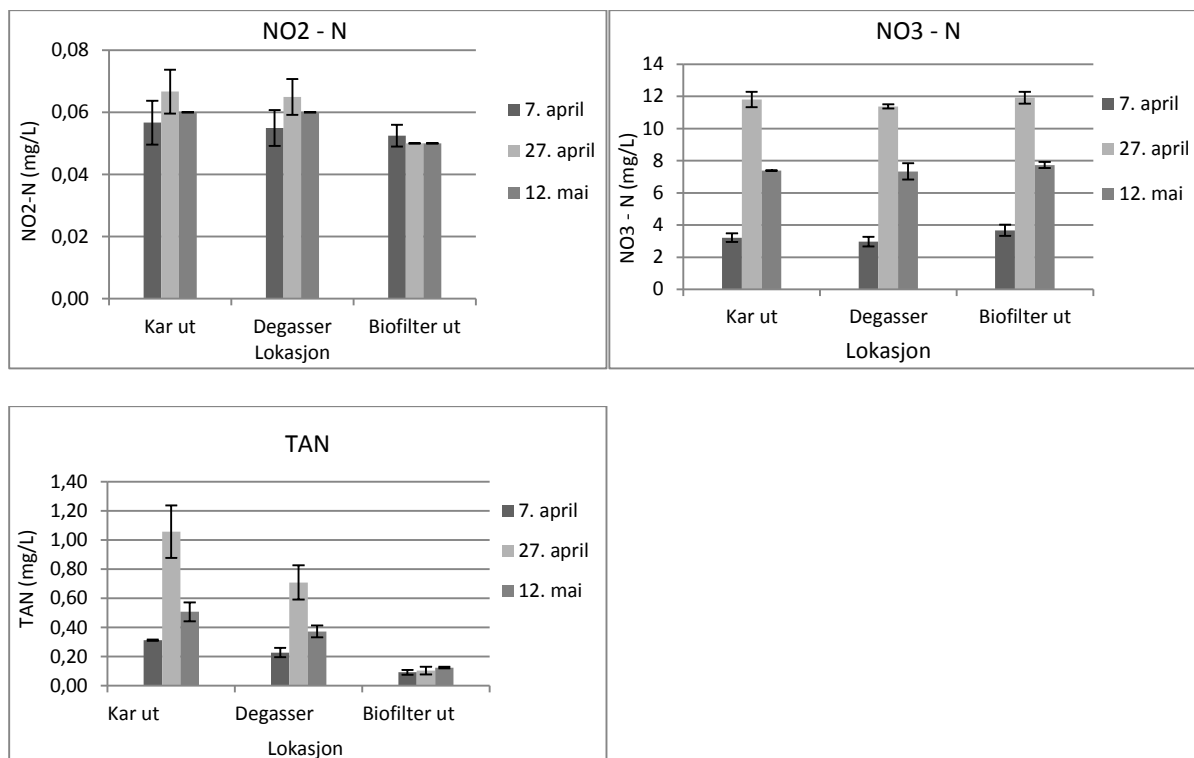


Figur 3 CO<sub>2</sub> konsentrasjoner i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF).

### 3.1.3 Nitrogenforbindelser

Verdier for de ulike nitrogenforbindelsene er vist i Figur 4. Konsentrasjonen av NO<sub>2</sub>-N varierte mellom 0,05 - 0,06 mg/L gjennom hele perioden. Det ble ikke målt signifikant forskjell over tid i noen av lokasjoner bortsett fra i utløpet fra karene, der ble det målt noe høyere verdier den 27. april i forhold til ved prosjektets start (7. april) ( $P = 0,0408$ ). Signifikante forskjeller over tid ble funnet for NO<sub>3</sub>-N ved alle lokasjoner og datoer, med høyeste verdier målt den 27. april ( $P = 0,0001 - 0,001$ ). De måle konsentrasjonene av NO<sub>2</sub>-N og NO<sub>3</sub>-N overgår ikke anbefalte grenseverdier for disse parameterne (Mattilsynet, 2004).

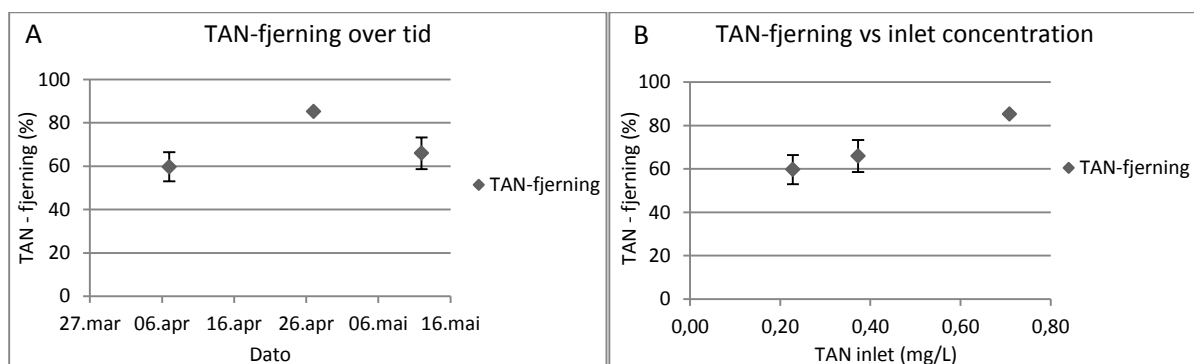
Konsentrasjonen av TAN i utløpet fra karene var høyere 27. april sammenlignet med 7. april og 12.mai, forskjellen var signifikant forskjellig ( $P = 0,0001$ ). TAN-verdiene målt den 27. april var også høyere i degasser sammenlignet med 7. april ( $P = 0,0228$ ). Den 20. april ble det oppdaget at et filter for spylevatn til mekanisk filter var sprukket, noe som førte til at det mekaniske filteret gikk tett, og at vannet derfor gikk ufiltrert til pumpeump. Dette medførte at filteret ikke tok unna nok vann, og at noe av avløpsvannet da gikk i retur tilbake til kar. Den 27. april gikk filteret tett under røkting, noe som førte til at ufiltrert vann ble pumpet over avgasser og tilbake til fisken. Disse hendelsene kan forklare den observerte økningen av alle nitrogen-forbindelser den 27. april. Konsentrasjonen av TAN i biofilterets utløp var lav gjennom hele perioden, og overskrider ikke anbefalte nivåer (Mattilsynet, 2004).



Figur 4 Nitrogenforbindelser i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF).

### 3.1.4 TAN-fjerning

Ved prosjektets start lå TAN-fjerninga på omtrent 60 %, og det ble observert signifikant høyere TAN-fjerning den 27. april sammenlignet med både start ( $P = 0,0211$ ) og slutt ( $P = 0,0434$ ) (Figur 5). Det ble også observert høyest TAN-fjerning ved den høyeste konsentrasjon av TAN inn til biofilteret (degasser), over 80 % (27. april). Dette kan mest sannsynlig forklare den høye TAN-fjerninga i denne perioden da nitrifikasjonen er forventet å være høyere ved høyere substrat (TAN)-konsentrasjon (Chen et al, 2006).

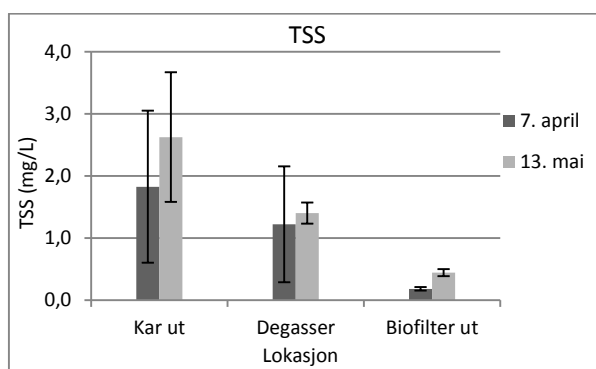


Figur 5 TAN-fjerning over tid (A) og i forhold til TAN-konsentrasjonene inn til biofiltrene (B).

## 3.2 Partikler

### 3.2.1 TSS

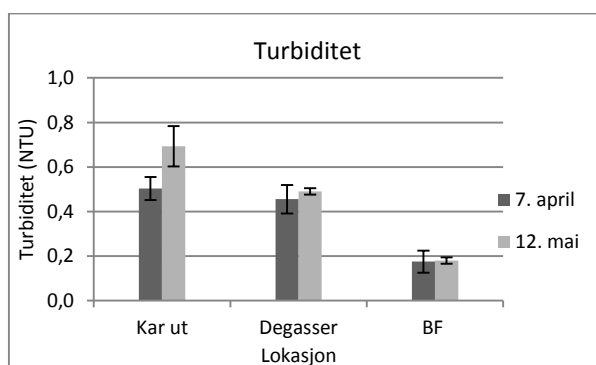
Figur 6 viser konsentrasjonen av TSS i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF). Over prosjektets periode ble det observert en tendens til økning av TSS ved alle lokasjoner. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant, bortsett fra i utløpet av biofilter, der ble det målt høyere verdier ved prosjektets slutt (13. mai) sammenlignet med prosjektets start (7. april), og forskjellen var signifikant ( $P = 0,0283$ ). De målte TSS-verdiene er imidlertid lave gjennom hele forsøksperioden, og under foreslått grenseverdi på 15 mg/l (Thorarensen and Farrell, 2011). De forhøyede TSS-verdiene over tid kan forklare den noe forhøyede observasjonen av organisk materiale (TOC), som også ble observert (Figur 8, seksjon 3.2.3). Det er interessant å observere at både TSS, og turbiditet (seksjon 3.2.2) går ned mellom degasser (som er inntaksvannet til biofilter) til utløpet av biofilter. Det vil si at biofiltrene har en reduserende effekt på antall partikler i vannet.



Figur 6 Konsentrasjonen av TSS i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF).

### 3.2.2 Turbiditet

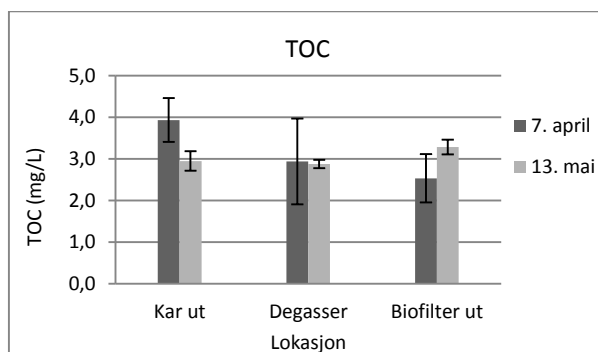
Figur 7 viser turbiditetsverdiene i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF). Over prosjektets periode ble det observert en tendens til økning i turbiditet ved alle lokasjoner. Forskjellen var imidlertid ikke signifikant, bortsett fra i utløpet av karene, der ble det målt høyere verdier ved prosjektets slutt (13. mai) sammenlignet med prosjektets start (7. april), og forskjellen var signifikant ( $P = 0,0343$ ).



Figur 7 Viser turbiditetsverdiene i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF).

### 3.2.3 Totalt organisk materiale (TOC)

Figur 8 viser konsentrasjonen av totalt organisk materiale (TOC) i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF). Det ble ikke observert noen signifikant endring over tid. Det ble registrert noe økning i utløpet fra biofilteret ved prosjektets slutt (ikke signifikant forskjellig fra starten), noe som kan forklare at biofilterets TAN-fjerning ble redusert til 66 % igjen, som ved prosjektets start. Organisk materiale kan redusere nitrifikasjonseffektiviteten i biofilteret (Guerdat et al., 2011).



Figur 8 Konsentrasjon av totalt organisk materiale (TOC) i utløpet av fiskekarene, degasser og biofilter (BF).

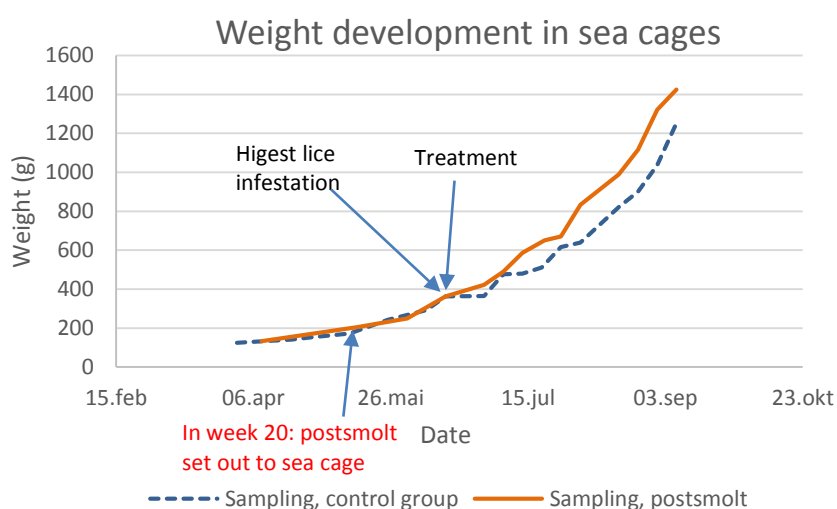
### 3.3 Fisk

#### 3.3.1 Fiskens ytelse

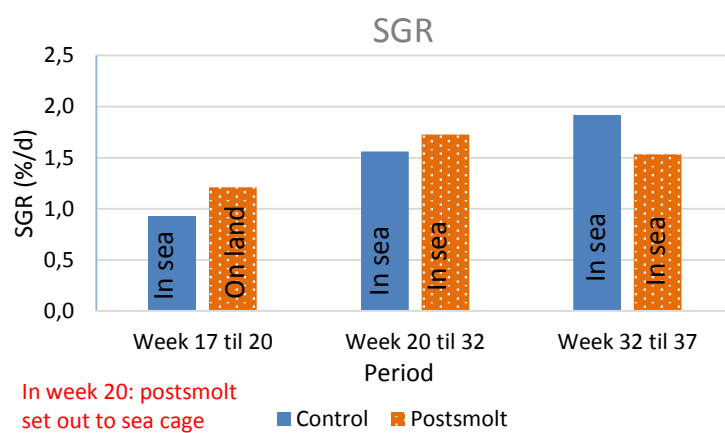
Figur 9 viser vektutviklingen gjort med biomassemålinger for postsmolten, som hadde første periode på land, for deretter å bli satt i sjø i uke 20, og for kontrollgruppen, som sto i sjøen gjennom hele perioden. Det er også avmerket på figuren når det var størst lusepåslag i området, og når det ble gjort behandling med lusemiddel (Emamectin), uke 26. Postsmolten har en tydeligere høyere snittvekt ved prosjektets slutt sammenlignet med kontrollgruppen, henholdsvis 1426g og 1253g. Det ser også til at kontrollgruppen får en knekk i veksten etter lusebehandlingen, mens postsmolten fortsetter å vokse, noe som kan tyde på at denne fisken kan være mere robust og tåler lusebehandlingen bedre.

Figur 10 viser Specific growth rate (SGR) og figur 11 viser Thermal growth coefficient (TGC). Gjennom prosjektets første 35 dager ble det målt en vekstrate (SGR) på  $1,21 \pm 0,1$  % d<sup>-1</sup> for postsmolten på land, mens kontrollgruppen i sjøen hadde en SGR på 0,92 % d<sup>-1</sup> i samme periode. Etter utsett i sjø opplevde postsmolten en fortsatt høyere SGR sammenlignet med kontrollgruppen (uke 20 til 32). Kontrollgruppen opplevde en økning i SGR på slutten av perioden i sjø (uke 32 til 37). Verdien TGC tar hensyn til temperaturforskjellen. Gjennom prosjektets første 35 dager ble det målt en TGC på 2,01 for postsmolten på land, mens kontrollgruppen i sjøen hadde en høyere TGC på 2,47 i samme periode. Etter utsett i sjø opplevde postsmolten en høyere TGC sammenlignet med kontrollgruppen (uke 20 til 32), mens TGC for postsmolten og kontrollgruppen var noe lik på slutten av perioden i sjø (uke 32 til 37).

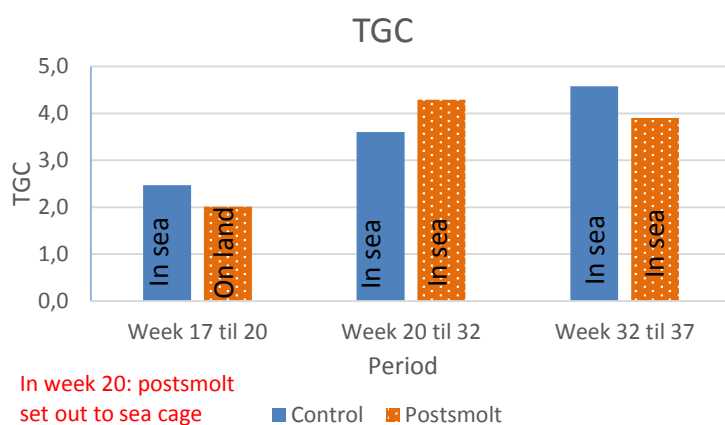
Postsmolten gikk i karene opp til en tetthet på 54,4 kg/m<sup>3</sup>, og det ble ikke observert kjønnsmodning under veis (gonadosomatic index, GSI, endret seg ikke fra de målte verdiene på  $0,09 \pm 0,01$  % ved prosjektets start). Det ble også observert lav akkumulert dødelighet gjennom postsmoltens periode på land (0,14 %). Figur 12 viser akkumulert dødelighet etter 30 og 100 dager i sjøen for postsmolt og kontrollgruppe. Det er lav dødelighet i begge gruppene, men kontrollgruppen har høyere akkumulert dødelighet enn postsmolten, nesten 10 og 4 ganger høyere etter henholdsvis 30 og 100 dager i sjø.



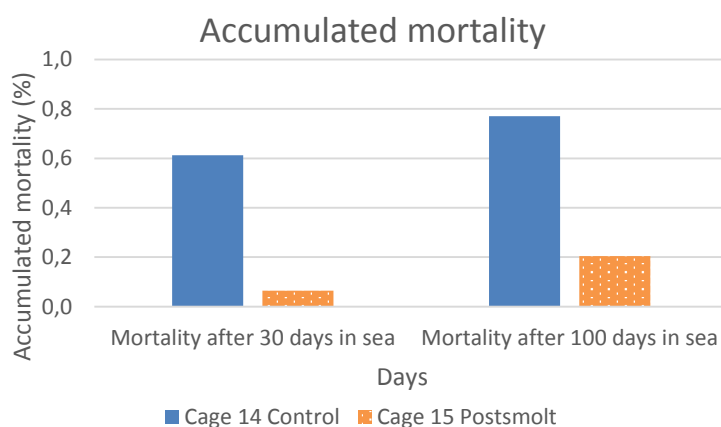
Figur 9 Vektutvikling for postsmoltgruppen før og etter utsett til sjø (uke 20), og for kontrollgruppen som sto i sjøen under hele perioden. Det er også marker når det var høyest lusepåslag, og når det ble satt i gang lusebehandling med Emamectin.



Figur 10 Specific growth rate (SGR) for perioden uke 17 - 20 (postsmolt på land og kontrollgruppe i sjø), uke 20 - 32 (rett etter utsett av postsmolt i sjø), og uke 32 - 37.

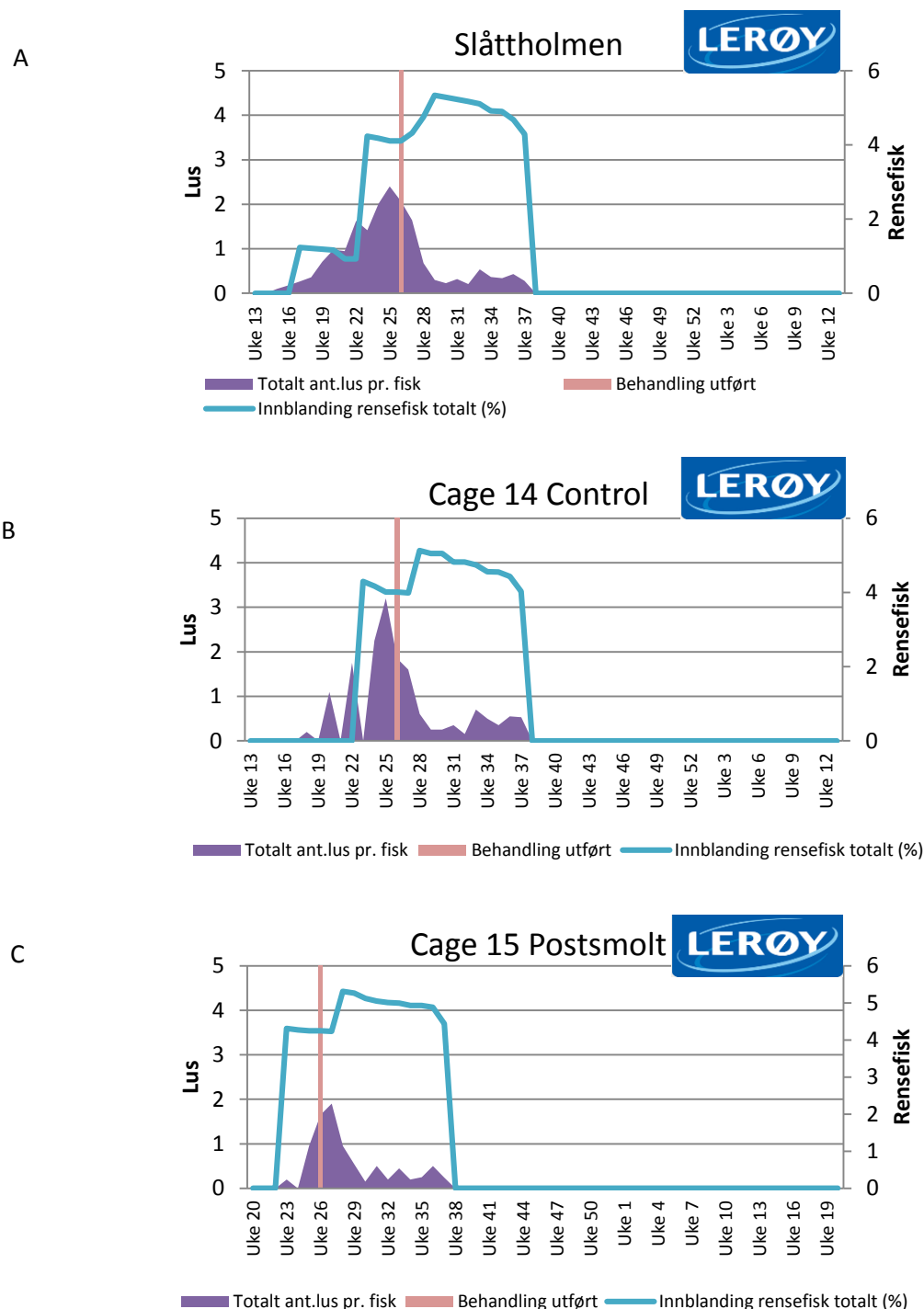


Figur 11 Thermal growth coefficient (TGC) for perioden uke 17 - 20 (postsmolt på land og kontrollgruppe i sjø), uke 20 - 32 (rett etter utsett av postsmolt i sjø), og uke 32 - 37.



Figur 12 Akkumulert dødelighet etter 30 dager i sjøen og etter 100 dager i sjøen for postsmolt og kontrollgruppe.

Figur 13 viser totalt antall lus per fisk for Slåttholmen (A), for merd 14 (kontrollgruppen) (B) og for merd 15 (postsmolten). Sammenlignet med kontrollgruppen i merd 14, og med hele området Slåttholmen, er det mye mindre lus på postsmolten. Figuren viser også når det ble utført behandling med Emamectin (uke 26), og innblanding av rensefisk.



Figur 13 Totalt antall lus per fisk for hele området Slåttholmen (A), for merd 14 (kontrollgruppen) (B) og for merd 15 (postsmolten) (C). Figuren viser også når det ble utført behandling med Emamectin (uke 26), og innblandet rensefisk.

### 3.3.2 Velferdsscore

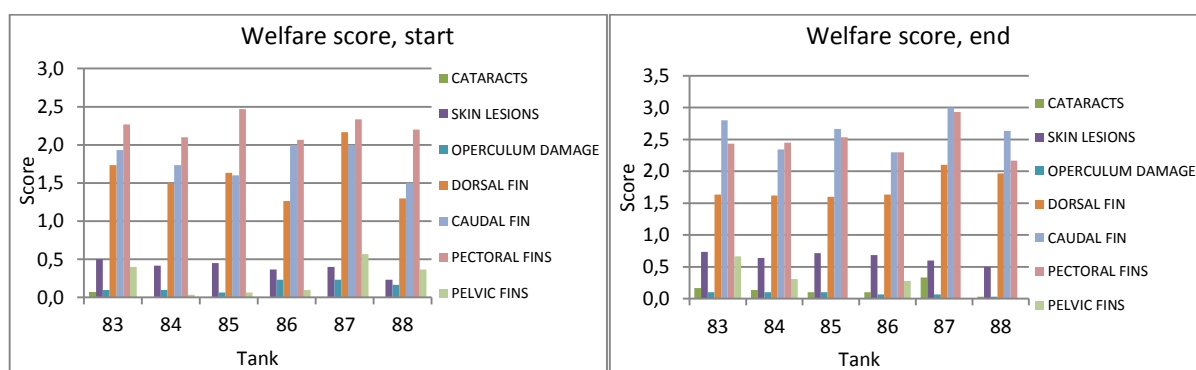
Generelt ble det ikke funnet alvorlige skader på de undersøkte fiskene ved begge datoer. Figur 14 viser velferdsscore ved prosjektets start og slutt.

Utbredelse av katarakt hos postsmolt var svært lav med gjennomsnittlig score på  $0,01 \pm 0,03$  den 8. april, da katarakt ble registrert bare i én tank (tank id 83). Tegnene på katarakt ble observert i alle tanker 13. mai med en gjennomsnittlig score på  $0,15 \pm 0,10$ . Katarakt ble observert på ett eller begge øynene. Det var ingen signifikant forskjell mellom tanker (basert på de individuelle poengscorene) den 8. april, mens den 13.mai ble det funnet betydelig mer katarakt i kar 87 i forhold til kar 88 ( $p = 0,0242$ ).

Dominerende lesjoner på skinn var skjelltap og mekaniske sår som sannsynligvis var forårsaket av håndtering (pumping). Den gjennomsnittlige poengscoren for hudlesjoner var  $0,39 \pm 0,09$  den 8. april og  $0,65 \pm 0,09$  den 13.mai. Den 8. april hadde ni av 30 fisk i tank 83 og 7 av 30 fisk fra tank 86 mekaniske sår, mens tap av skjell dominerte i de andre tankene. Innen 13. mai var det hovedsakelig skjelltap som ble observert i alle karene. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom kar på samme prøvetakingsdatoer.

Forekomsten av operculum skade gikk ned fra gjennomsnittet på  $0,15 \pm 0,07$  notert den 8. april til  $0,08 \pm 0,03$  den 13.05.2015. Når observerte, var skaden tydelig på begge sider (venstre og høyre), men det var ingen signifikant forskjell mellom tankene på de to prøvedatoene.

Finneskader var mer uttalt med tiden for tre av fire undersøkte finner, dorsal, caudal og pectorale finner. Poengscore for pectoralfinner økte svakt fra  $2,24 \pm 0,15$  til  $2,47 \pm 0,26$  i løpet av en måneds produksjon og flere finnesplitter ble funnet på begge finnene for de undersøkte fiskene i alle kar. Forringelse av caudalfinnen ble observert over tid. Erosjon av og splittede caudalfinner ble observert i begge prøvepunkter og totalscore for denne finnen økte fra  $1,79 \pm 0,22$  til  $2,62 \pm 0,27$  over tid. Den 13.mai ble det notert en betydelig høyere grad av erosjon for kar 87 i forhold til kar 84 og 86. Splittede og deformerte dorsalfinner ble notert på begge prøvetakingsdatoer og nivået av skade økte svakt fra 8.april, da det ble notert  $1,6 \pm 0,33$  til  $1,76 \pm 0,22$  den 13. mai. Det var ikke signifikant forskjell mellom karene ved de to prøvetakingsdatoene.



Figur 14 Velferdsscore ved prosjektets start og slutt.

### 3.3.3 Veiledning og standardisering av prøveuttak

Underveis i prosjektperioden ble det gitt veiledning ved Lerøy Midnor avd. Lensvik i forhold til prøveuttak, og standardisering av det. Personell ved anlegget deltok under uttakene av fisk og



vannprøver, sammen med teknikker fra Nofima. Alle flasker skylles før uttak med vann som det skal tas prøve fra. Dersom det skal tas ut små volum, er det en fordel at prøven tas over tid, det vil si at vannstrålen renner sakte over i prøvetakningsflasken. Det er viktig at organisk materiale (TOC), totalt suspendert stoff (TSS), turbiditet og gasser ( $\text{CO}_2$ ) måles i ferske vannprøver, mens nitrogenforbindelser (TAN,  $\text{NO}_2$  og  $\text{NO}_3$ ) og alkalinitet kan måles i vannprøver som har vært lagret i  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ .

## 4 Konklusjon

Analyser av vannkvaliteten i resirkuleringsanlegget for postsmoltproduksjon viste lave verdier for nitritt, nitrat og TAN og de var alle innenfor anbefalte grenseverdier for postsmolt i RAS. Fjerning av TAN i biofilteret økte fra 60 % til over 85 % etter omtrent 3 uker. Vannet fra degasser hadde ved prosjektets start og slutt forholdsvis høye CO<sub>2</sub> konsentrasjoner (henholdsvis  $11,5 \pm 1,6$  mg/L og  $12,7 \pm 2,4$  mg/L). Dette kan tyde på at degasserer ikke fungerer optimalt. Systemet er designet for ferskvann, og siden avgassing av sjøvann er vanskeligere enn avgassing av ferskvann, bør dette følges opp. CO<sub>2</sub> - konsentrasjonene i karene lå over anbefalt grenseverdi både ved prosjektets start (18,5 mg/L) og ved prosjektets slutt (rett før utsett til sjø) (21 mg/L), mens turbiditetsnivået, og konsentrasjonen av partikler og organisk materiale var lave gjennom hele landfasen.

Postsmolten på land hadde en høyere SGR enn kontrollgruppen i sjø, henholdsvis 1,21 og 0,9 %, men en lavere TGC enn kontrollgruppen i sjø, henholdsvis 2,01 og 2,47. I perioden etter overføring av postsmolten til sjø, hadde postsmolten derimot både en høyere SGR og en høyere TGC enn kontrollgruppen, henholdsvis en SGR på 1,73 og 1,56 %, og en TGC på 4,3 og 3,6. Ved prosjektets slutt hadde postsmolten en betydelig høyere vekt, lavere dødelighet, og mindre lusepåslag sammenlignet med kontrollgruppen. I tillegg så det ut til at postsmolten i merd 15 tålte lusebehandling bedre enn fisken i merd 14, kontrollgruppen.

Det ble det ikke funnet alvorlige skader på postsmolten etter fasen på land ved noen av samplingene. Det ble funnet lite cataract ved prosjektets start, mens det var noe mere ved prosjektets slutt (rett før utsett av postsmolten), og det ble funnet signifikant mere cataract i kar 87 sammenlignet med kar 88. Den mest vanlige skinnskaden var tap av skjell og mekaniske sår som mest sannsynlig stammer fra handtering. Det ble ikke funnet signifikante forskjeller mellom kar ved samme dato. Finneskader ble mer tydelig over tid på tre av fire undersøkte finner, caudal, dorsal og pectoralfinner. Det ble ikke funnet kjønnsmoden fisk.

Resultatene kan tyde på at det er fordelaktig å produsere postsmolt på land. Det kunne ha vært en fordel å ha en lengre periode på land (kanskje opp til 300 – 400 g), noe som kunne ha gitt enda bedre resultater og kunne kanskje ha redusert antall lusebehandling.

## 5 Referanser

- Chen, S., Ling, J., Blancheton, J.-P., (2006). Nitrification kinetics of biofilms as affected by water quality factors. *Aquacult.Eng.*34, 179-197.
- Fivelstad, S., Hosfeld, C., Handeland, S., Terjesen, B.F., Kvamme, K. (2014). Grenseverdier for karbondioksid for postsmolt i lukkede oppdrettsanlegg. Sluttrapport (FHF-prosjekt 900895)
- Guerdat, T. C., Losordo, T. M., Classen, J. J., Osborne, J. A., & DeLong, D. (2011). Evaluating the effects of organic carbon on biological filtration performance in a large scale recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*, 44(1), 10-18. doi: 10.1016/j.aquaeng.2010.10.002
- Kolarevic J, Selset R, Felip O, Good C, Snekvik K, Takle H, Ytteborg E, Bæverfjord G, Åsgård T, Terjesen BF (2012). Influence of long term ammonia exposure on Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr growth and welfare. *Aquaculture Research* 44: 1649–1664
- Norwegian Food safety Authority, 2004. Vannkvalitet relatert til dyrevelferd. Norwegian Food safety Authority. p. 85 (Trondheim).
- Thorarensen, H., Farrell, A., 2011. The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture* 312, 1-14.

ISBN 978-82-8296-333-6 (trykt)  
ISBN 978-82-8296-334-3 (pdf)  
ISSN 1890-579X