

Fôr med Biofeed Forte til ørret for redusert lusepåslag FoU konsesjon Vadheim

André S Bogevik, Aleksei Krasnov og Bjarne Hatlen





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 Johnsgate 4
Postboks 8034
NO-4068 Stavanger

Bergen:

Kjerreidviken 16
Postboks 1425 Oasen
NO-5844 Bergen

Sunnalsøra:

Sjølseng
NO-6600 Sunndalsøra

Felles kontaktinformasjon:

Tlf: 02140
E-post: post@nofima.no
Internett: www.nofima.no

Foretaksnr.:

NO 989 278 835

Rapport

<p><i>Tittel:</i> Fôr med Biofeed Forte til ørret for redusert lusepåslag</p>	<p><i>Rapportnr.:</i> K-nr/2016</p>
<p><i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> André S Bøgevik, Aleksei Krasnov og Bjarne Hatlen</p>	<p><i>Tilgjengelighet:</i> Konfidensiell</p>
<p><i>Avdeling:</i> Ernæring og fôrteknologi</p>	<p><i>Dato:</i> 14. desember 2016</p>
<p><i>Oppdragsgiver:</i> Aller Aqua Norway AS</p>	<p><i>Ant. sider og vedlegg:</i> 19</p>
<p><i>Sammendrag/anbefalinger:</i></p>	<p><i>Prosjektnr.:</i> 10601</p>
<p>Aller Aqua Norge har i perioden august 2015 til september 2016 hatt FoU konsesjon (H B 0046) ved et matfiskanlegg ved Vadheim i Sogn og Fjordane (lokalitetsnr. 21335 Floteneset) der de har gjennomført forsøk med regnbueørret. Fra sjøutsett til slakt har fisk blitt fôret med Aller Aqua superior tilsatt 2% Biofeed Forte for å holde et lavt lusetall i produksjonen. I perioder har alle fiskene og en kontrollgruppe blitt fôret Aller Aqua superior uten tilsetningen av Biofeed Forte. Dette for å vise forskjellen på lusepåslag ved å gi fôr med og uten Biofeed Forte. På grunn av Mattilsynet øvre grense på en holus per fisk har det ikke latt seg gjøre å gjennomføre forsøk med kontrollfôret over lengre perioder.</p> <p>I perioden mars til mai 2016 ble to merder fôret med Aller Aqua superior (kontroll) og tre merder fôret med Aller Aqua superior med 2% Biofeed Forte (Forte). Fisken ble fulgt med lusetelling en gang i uken. Etter 3 uker i forsøk og frem til forsøksslutt i mai ble det observert signifikant lavere antall holus hos fisk fôret med Forte, sammenlignet med kontrollfisken. Det ble også observert forskjeller mellom fôrgruppene i antall bevegelige og fastsittende lus, men disse forskjellene var ikke signifikante for alle tidspunktene selv om trenden var den samme. Forsøket ble avsluttet i mai 2016 da kontrollfisken nådde Mattilsynets øvre grense for antall holus per fisk. Deretter ble alle grupper gitt fôr med Forte for en periode. Ved dette tidspunktet ble det tatt prøver av fisken for kjemiske analyser av filet og skinn og transkriptomiske analyser av skinn for å se på regulering av gener av Nofima, samt til histologiske analyser av skinn («mucosal mapping») hos Quantidoc AS (Bergen). Analysene viste at fisk fôret med Forte hadde filet med et signifikant lavere innhold av ketolinsyre (22:1n-11), skinn med et signifikant lavere innhold av fosfor og arsen, og større og tettere distribusjon av slimceller enn kontrollfisken. De transkriptomiske analysene viste at fisk fôret med Forte uttrykte gener som er positiv for sårhelingsprosessen av skinn, mens kontrollfisken viste gener for et økt stressnivå og aktive immunologiske prosesser grunnet et økt lusepåslag. Sommert kan dette tyde på at fisk fôret med Forte hadde en bedre skinnhelse, som reduserte lusepåslaget. Hvilke direkte innvirkninger Biofeed Forte har på ørretens skinnhelse kan enda ikke fastslås, men vil studeres i videre forsøk.</p> <p>Fôring med Biofeed Forte til kontrollfisken mai 2016 reduserte antall lus per fisk og holdt dermed lusetallene under Mattilsynets grenser, slik at en unngikk ytterligere avlusning med andre metoder. I perioden fra mai til august-september 2016 da fisken ble slaktet, ble det gitt ulike fôr kun i en liten periode. Lusepresset denne sommeren var svært høyt og med de gode erfaringene en allerede hadde med Forte, ble det besluttet også å la kontrollfisken gå på et fôr med dette for det meste av sommeren. De korte periodene kontrollfisken gikk på fôr uten Forte ga utslag på lusetallene: de steg og ble signifikant høyere (mest signifikant for holus) sammenlignet med fisk som ble fôret med Forte hele perioden. Dette ble særlig tydelig med en økende salinitet i overflatevannet utover sommeren, som krevde at kontrollfisken måtte fôres med Forte for å holde seg innenfor Mattilsynets grenser for antall holus per fisk.</p> <p>Aller Aquas anlegg på Vadheim har dermed gjennomført en produksjonssyklus i sjø med ørret uten andre avlusningmetoder enn fôr, og viser dermed muligheter for en helt ny strategi for å bekjempe lusepåslag hos regnbueørret.</p>	

Forord

Nofima har utøvd med rådgivende kompetanse i utføringen av forsøkene gjennomført ved Aller Aqua Norge sin FoU konsesjon ved Vadheim. Aller Aqua har selv avgjort forsøksdesign og vært ansvarlig for forsøkgjennomføring. Nofima har mottatt informasjon fra Aller Aqua om forsøkgjennomføring og rådata for lusetelling som er bearbeidet i denne rapporten. Nofima anser at det for deler av forsøkgjennomføringen ikke er gitt tilstrekkelig informasjon enda dette er etterspurt. Dette gjelder spesielt hvilke fôr som er gitt til spesifikke tidspunkt, og størrelse og plassering av merder i forhold til strømretning/lusepress. Dette anser Nofima som en svakhet i rapporten.

Innhold

1	Oversikt periode fra sjøutsett 2015 til slakt 2016.....	1
1.1	Sjøutsett	1
1.2	Fôrtyper	1
1.3	Tildeling av fôr	3
1.4	Oversikt antall fisk, flytting og svinn.....	4
2	Forsøksgjennomføring 2016.....	5
2.1	Oppstart.....	5
2.2	Telling av lus og observasjoner i perioden 2. mars til 9. mai 2016	5
2.3	Prøvetaking Nofima og Quantidoc den 9. mai	9
2.4	Oppsummerte resultater fra Quantidoc uttak 9. mai	13
2.5	Telling av lus og observasjoner i perioden 9. mai til slakt 2016.....	13
2.6	Analyser av slaktefisk	17

1 Oversikt periode fra sjøutsett 2015 til slakt 2016

1.1 Sjøutsett

Regnbueørret fra Namdal settefisk (dansk stamme, 186.113 all-female fisk) ble satt ut i 3 merder i august 2015, henholdsvis 26.854 i merd 9, 66.614 i merd 10 og 92.645 i merd 11.

1.2 Fôrtyper

Regnbueørreten har hovedsakelig blitt tildelt 2 fôrtyper fra sjøutsett til slakt, Aller superior (kontroll) og Aller superior med 2% Biofeed Forte (Forte). Begge fôrene inneholder en høy andel av marine ingredienser, og eneste forskjellen er at ene fôret inneholder 2% Biofeed Forte. I tillegg er fisken fôret med Salmon SUB B og Aller superior med 4% Biofeed Forte i kortere perioder for å få kontroll med lusetalene.

Nofima har kun mottatt en prøve hver av kontrollfôret og fôret med Biofeed Forte (mottatt i oktober 2016). De analyserte fôrprøvene har minimale forskjeller i sammensetning av hovednæringsstoffer, med et innhold av råprotein på 41% og total fett på 30-31%. Kontrollfôret hadde noe lavere innhold av aske (7,7%) sammenlignet med fôret med Forte (8,4%), men dette var ikke gjenspeilt i innholdet av mineraler i de to fôrene. Av makromineralene viste natrium og kalium høyere verdier i kontrollfôret (0,62 og 0,64 %) sammenlignet med fôret med 2% Forte (0,50 og 0,44 %), mens verdiene for fosfor, magnesium og kalsium var tilnærmet likt i fôrene (tabell 1). Det kan ikke legges til grunn at disse fôrprøvene er representative for fôrene som er brukt i hele forsøket. Det er dermed ikke mulig å vite sikkert om eventuelle forskjeller i vevssammensetning i fisken, f.eks. i pigmentering, fettsyresammensetning eller mineralinnhold, skyldes tilsetningen av Forte eller andre forskjeller mellom diettene.

Tabell 1 Fôrsammensetning av hovednæringsstoffer og makromineraler

Hovednæringsstoffer (g/100g)	Kontroll	Biofeed Forte
Vann	7,6	6,6
Råprotein	41,4	40,7
Total fett	30,1	31,2
Aske	7,7	8,4
Makromineraler (g/100g)		
Fosfor	0,98	0,96
Magnesium	0,16	0,14
Natrium	0,62	0,50
Kalium	0,64	0,44
Kalsium	0,93	0,93

Videre viste analysene høyere verdier for de fleste sporelementer i kontrollfôret sammenlignet med fôret med Forte, med betydelig høyere verdier for sink, jern og jod. Tidligere analyser av fisk som har fått Biofeed Forte har vist lavere innhold av arsen. Fôrene var derfor analysert for arsenforbindelser. Analyser av fôrene viste et høyere innhold av total arsen, dimethylarsinate og arsenbetaine i

kontrollfôret sammenlignet med fôr med 2% Forte, mens arsenat var noe lavere i kontrollfôret (tabell 2).

Tabell 2 Sporelementsammensetning i fôr

Sporelementer (mg/kg)		
Kobber	10,0	8,0
Sink	113,0	77,0
Jern	530,0	330,0
Jod	5,2	3,2
Mangan	30,0	34,0
Arsen	3,6	2,5
Arsenitt	<0,04	<0,04
Arsenat	0,151	0,3
Monomethylarsonat	<0,04	<0,04
Dimethylarsinate	0,533	0,5
Arsenbetaine	2,46	1,3
Arsencholine	<0,04	<0,04
Trimethylarsine oxide	<0,04	<0,04
Tetramethylarsonium ion	<0,04	<0,04
Arsensugar A-D	<0,04	<0,04

Det var kun observert mindre forskjeller i fettsyresammensetning mellom de to fôrene. Hovedtrekkene var at kontrollfôret hadde et noe høyere innhold av mettede (14:0, 16:0) og n-3 flerumettede fettsyrer (EPA, DHA), mens fôret med Forte hadde et høyere innhold av enumettede fettsyrer (18:1) og n-6 flerumettede fettsyrer (18:2n-6). Dette gjenspeiler mest sannsynlig endring i ingredienssammensetning ved tilførsel av Biofeed Forte til fôret (tabell 3).

Tabell 3 Fettsyreinnhold i fôr

Hovednæringsstoffer (g/100 g)	Kontroll	Biofeed Forte
14:0	1,9	1,6
16:0	9,0	8,7
18:0	2,1	2,2
20:0	0,4	0,4
22:0	0,2	0,2
Sum mettede fettsyrer	13,6	13,1
16:1 n-7	1,8	1,7
18:1 (n-9)+(n-7)+(n-5)	43,9	45,6
20:1 (n-9)+(n-7)	2,6	2,3
22:1 (n-11)+(n-9)+(n-7)	1,9	1,2
24:1 n-9	0,3	0,3
Sum enumettede fettsyrer	50,5	51,1
18:2 n-6	16,2	17,0
20:2 n-6	0,4	0,4
20:3 n-6	0,1	0,1
20:4 n-6 (ARA)	0,2	0,2
Sum (n-6) flerumetta fettsyrer	17,0	17,8
18:3 n-3	6,0	6,3
18:4 n-3	0,6	0,5
20:3 n-3	0,2	0,2
20:4 n-3	0,4	0,4
20:5 n-3 (EPA)	2,4	2,1
22:5 n-3	0,5	0,6
22:6 n-3 (DHA)	3,2	2,7
Sum n-3 flerumetta fettsyrer	13,4	12,9
Sum flerumetta fettsyrer	30,6	30,9
Sum identifiserte fettsyrer	94,7	95,1

1.3 Tildeling av fôr

Fra sjøutsett 2015 til mars 2016 har de 3 merdene med regnbueørret gått vekselvis på fôr med og uten Biofeed Forte for å holde lusetallene lave.

Oversikt over fôr tildelt:

- Utsett – 10. desember 2015: Aller superior
- 11. desember 2015 – 10. januar 2016: Aller superior med 2% Biofeed Forte
- 11. januar – 31. januar 2016: Aller superior
- 1. februar – 7. februar 2016: Aller superior med 2% Biofeed Forte
- 8. februar – 24. februar 2016: Aller superior

- 25. februar – 29. februar 2016: Salmon SUB B

Fra mars 2016 ble fisk fordelt i flere merder for å kunne gjøre kontrollerte forsøk med fôr med og uten Biofeed Forte:

- 2. mars – 9. mai 2016: Behandling med og uten Biofeed Forte til ulike merder
- 9. mai – sommer 2016: All fisk på Biofeed Forte
- Sommer 2016: Behandling med og uten Biofeed Forte til ulike merder (datoer ikke oppgitt)
- 11. august – slakt: All fisk på Biofeed Forte

1.4 Oversikt antall fisk, flytting og svinn

Den 2. mars 2016 ble 8576 fisk flyttet fra merd 11 til merd 4, 9. mars 9881 fisk flyttet fra merd 11 til merd 3 og 15. april 21.952 fisk flyttet fra merd 11 til merd 1. Fra merd 1 ble det igjen flyttet 4000 fisk den 5. juli, fordelt på 2000 til merd 3 og 2000 til merd 4. Det er uheldig at fisk som tilhører en diettgruppe går over til en annen diettgruppe i forsøksperioden (Tabell 4).

Det ble tatt ut et stort antall tapere i mars 2016 fra merd 10 og 11, som er grunnen til det store svinnet i denne gruppen.

Tabell 4 Antall fisk i merdene gjennom forsøket

	1	3	4	9	10	11
	Kontroll	Forte	Kontroll	Kontroll	Forte	Forte
Før forsøkstart				26854	66614	92645
Flytting 2. mars			8576	26854	66614	84069
Flytting 9. mars		9881	8576	26854	66614	74188
Flytting 15. april	21952	9881	8576	26854	66614	52236
Flytting 5. juli	17952	11881	10576	26854	66614	52236
Svinn Mar-slakt	352	281	476	854	2514	1836
Antall slaktet	17600	11600	10100	26000	64100	50400

2 Forsøksgjennomføring 2016

2.1 Oppstart

Forsøket var gjennomført fra 2. mars til slakt i august-september 2016. Merdene var i forsøksperioden frem til slakt tildelt i perioder følgende fôr (se avvik fôrtildeling i kapittel 1.3):

- Merd 1, 4 og 9: Aller Aqua superior (kontroll)
- Merd 3, 10 og 11 : Aller Aqua superior med 2% Biofeed Forte (Forte)

Ved forsøksstart 2. mars ble 30 fisk fra merd 9 og 100 fisk fra merd 10 og 11 veid (Tabell 5) og telt for lus (Tabell 6). Deretter hadde en opptelling av lus (fastsittende, bevegelige og holus) fra 20 fisk per merd hver tirsdag.

Tabell 5 Fisken hadde ved start en snittvekt på 1,4 kg

Merd	Diett	Antall	Gjennomsnitt (kg)	Min	Maks
9	Kontroll	30	1,42±0,48	0,65	2,36
10	Forte	100	1,36±0,58	0,35	2,45
11	Forte	100	1,34±0,56	0,48	2,70
Sum		230	1,36±0,56	0,35	2,70

Alle fiskene hadde vært tildelt samme fôr før forsøksstart. Det var overordnet ingen signifikante dietteffekter, men det ble observert signifikant lavere antall fastsittende og bevegelige lus per fisk i merd 11 sammenlignet med merd 9 og 10 ($P < 0.05$). Kun et fåtall fisk, og ingen i merd 11, hadde påslag av holus ved forsøksstart. Det kan diskuteres her om lokalisering av merdene i forhold til andre merder med lusepress og strømretning kan påvirke lusepåslag for de enkelte merdene.

Tabell 6 Lusetelling ved forsøksstart

Merd	Diett	Snitt bevegelig	Snitt fastsittende	Snitt av holus
9	Kontroll	0,67±0,88 ^{ab}	0,17±0,38 ^b	0,03±0,18
10	Forte	0,64±0,76 ^b	0,11±0,37 ^b	0,01±0,10
11	Forte	0,40±0,60 ^a	0,02±0,14 ^a	0
	Kontroll	0,7	0,17	0,03
Dietteffekt	Forte	0,5	0,07	0,01
	P-verdi	0,30	0,08	0,12

Signifikante forskjeller ($P < 0.05$) for de enkelte lusestadiene mellom ulike merder vist ved ulike bokstaver

2.2 Telling av lus og observasjoner i perioden 2. mars til 9. mai 2016

I perioden ble 20 fisk per merd telt for lus hver tirsdag. Gjennomsnitt per merd er oppgitt med $n=2$ ($n=3$ for Forte fra 9. mars og $n=3$ for kontroll fra 15. april) og dermed brukt som beregningsgrunnlag for statistiske beregninger. Det er brukt 1-veis Anova for å beregne signifikante forskjeller mellom diettene ved hvert tidspunkt, og 2-veis Anova for å beregne signifikante forskjeller mellom diettene og de ulike tidspunktene for å finne overordnede forskjeller. To-veis Anova viste at det overordnet er

signifikante høyere antall bevegelige, fastsittende og holus per ørret tildelt kontrolldietten sammenlignet med ørret tildelt fôr tilsatt 2% Forte ($P < 0,05$). Tallene viste også at det er en signifikant økning i antall bevegelige, fastsittende og holus per ørret over tid ($P < 0,05$), men tallene for særlig bevegelig lus varierer og er ikke så systematisk som for de andre lusestadiene. I tillegg ser en av ukjent årsak nedgang i bevegelige og holus på kontrollfisker i perioden fra 19. til 24. april (Figur 1). Det var liten variasjon i sjøtemperatur og salinitet i denne perioden som skulle tilsi å ha en effekt på lusepåslaget i denne perioden (Figur 2).

For de enkelte tidsmålingene av lus var det stor variasjon i gjennomsnittlig antall lus per ørret mellom de enkelte merdene som gav store variasjoner i tallene. Dette gjelder særlig for antall fastsittende lus som viser få signifikante forskjeller i antall lus per ørret gitt ulike dietter, men tallene her viser samme trender som en finner for de andre stadiene av lus. For bevegelige lus og holus, så en klare signifikante forskjeller mellom diettene med i gjennomsnitt et høyere antall lus per ørret tildelt kontrollfôret sammenlignet med ørret tildelt fôr med 2 % Forte ($P < 0,05$). Lusetelling av 100 ørret fra de 2 kontrollmerdene og 3 forsøksmerden 8. april viste at snittantall lus per ørret var signifikant høyere i kontrollfisker sammenlignet med fisker fått fôr med 2 % Forte (Tabell 7).

Tabell 7 Telling av lus av 100 fisk per merd 8. april

Merd	Diett	Snitt bevegelig	Snitt fastsittende	Snitt av holus
3	Forte	1,05±1,25 ^a	0,16±0,51 ^{ab}	0,01±0,10 ^a
4	Kontroll	3,35±2,08 ^b	1,68±1,77 ^c	0,31±0,51 ^b
9	Kontroll	3,07±2,18 ^b	0,39±0,75 ^b	0,33±0,51 ^b
10	Forte	0,77±0,91 ^a	0,07±0,33 ^{ab}	0,02±0,14 ^a
11	Forte	0,83±1,08 ^a	0,02±0,14 ^a	0,01±0,10 ^a
	Kontroll	3,2	1,0	0,3
Dietteffekt	Forte	0,8	0,1	0,01
	P-verdi	<0,01	<0,01	<0,01

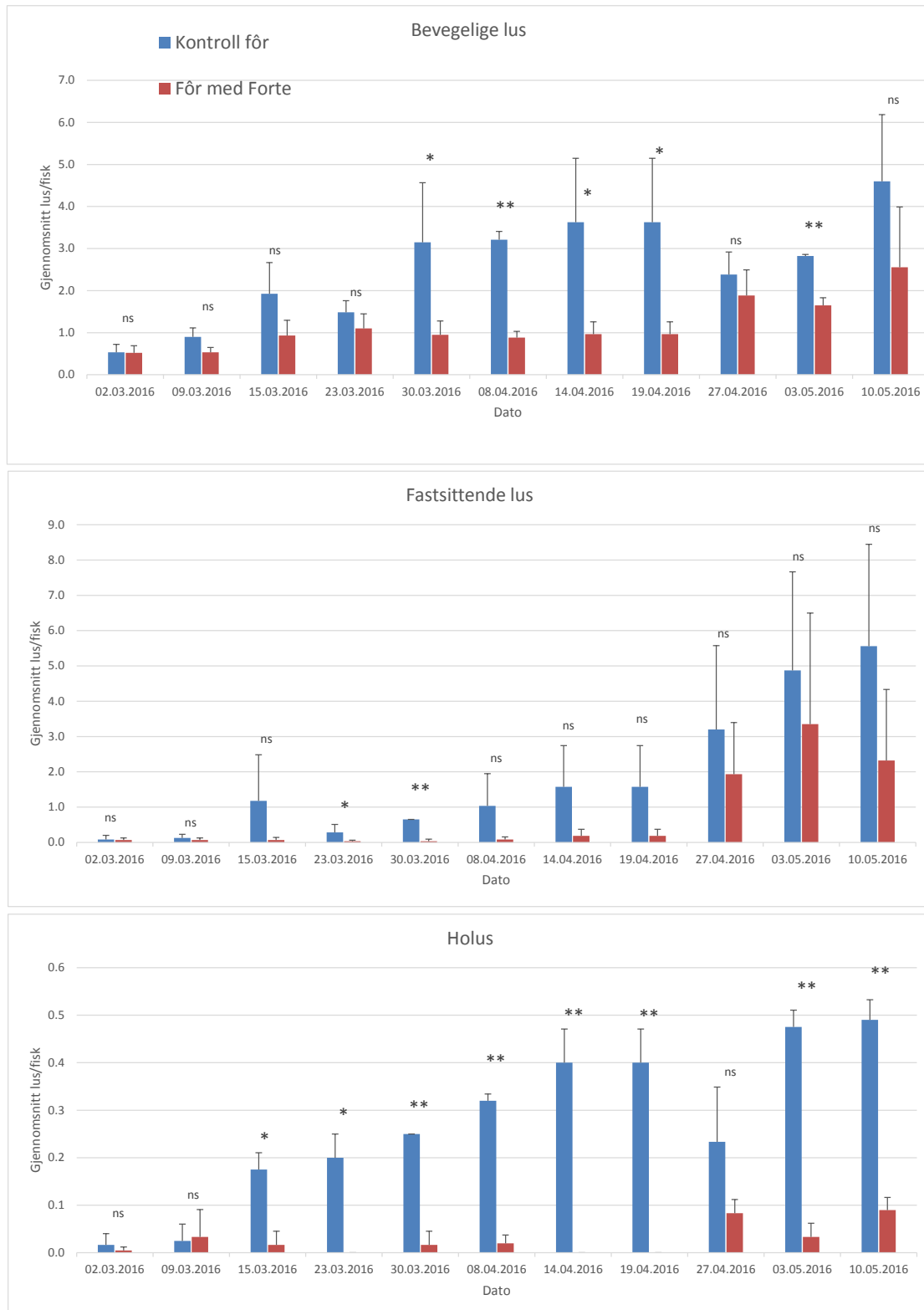
Signifikante forskjeller ($P < 0,05$) for de enkelte lusestadiene mellom ulike merder vist ved ulike bokstaver.

Fisken som ble telt for lus ble også veid. Det var ingen signifikante forskjeller i vekt mellom de ulike merdene eller mellom de ulike fôrene (Tabell 8).

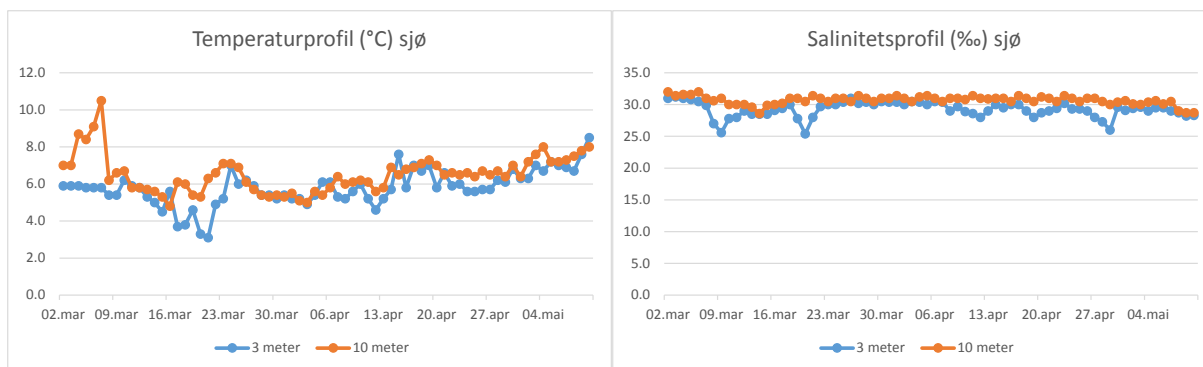
Tabell 8 Snittvekt av 100 fisk per merd 8. april

Merd	Diett	Gjennomsnitt (kg)	Min	Maks	Estimert daglig tilvekst (%)
3	Forte	1,5±0,5	0,5	3,1	0,24
4	Kontroll	1,5±0,5	0,6	2,7	0,24
9	Kontroll	1,6±0,5	0,5	3,0	0,38
10	Forte	1,6±0,4	0,8	2,9	0,43
11	Forte	1,5±0,5	0,4	3,6	0,23
Sum		1,5±0,5	0,4	3,6	0,30

Estimert daglig tilvekst ut fra snittvekt for perioden 2. mars til 8 april (37 dager), for merd 3 fra 9. mars (30 dager).



Figur 1 *Lusetelling i perioden 2. mars til 9. mai 2016. Statistiske beregninger fra gjennomsnitt antall bevegelige, fastsittende og holus per merd med øret tildelt kontrollfôr (n=2) eller fôr med 2% Forte (n=3). Beregnet signifikante forskjeller (*P<0,05; **P<0,01) for hvert tidspunkt med 1-veis Anova. Ikke signifikante forskjeller (P>0,05) = ns*



Figur 2 Temperatur og salinitetsprofil ved 3 og 10 m dyp i perioden 2. mars til 9. mai 2016

Telling av lus på kontrollfisken viste utover i forsøket at Mattilsynets maks grense for holus per fisk nærmet seg i månedsskifte april-mai 2016. Det ble dermed avgjort at kontrollfisken måtte avluses med for med Forte for en periode.

Den 9. mai ble 100 fisk fra hver merd veid og telt for lus. Ørret i merd 10 og 11 føret med Forte har signifikant lavere påslag av bevegelige og fastsittende lus, sammenlignet med ørret i merdene føret kontrollføret (tabell 9). Merd 3 med ørret føret med Forte viser også signifikante forskjeller i påslag av lus sammenlignet med kontrollmerdene, men i mindre grad enn merd 10 og 11. Telling av holus viser at det er signifikant lavere påslag av disse på ørret føret med Forte sammenlignet med ørret føret kontrollføret ($P < 0.05$).

Tabell 9 Telling av lus av 100 fisk per merd 9. mai

Merd	Diett	Snitt bevegelig	Snitt fastsittende	Snitt av holus
3	Forte	4.21±2.27 ^b	4.64±3.02 ^c	0.10±0.30 ^a
4	Kontroll	5.72±2.66 ^c	7.60±3.82 ^d	0.52±0.64 ^b
9	Kontroll	3.48±1.86 ^b	3.52±2.39 ^b	0.46±0.67 ^b
10	Forte	1.69±1.24 ^a	1.29±1.23 ^a	0.11±0.35 ^a
11	Forte	1.77±1.47 ^a	1.03±1.16 ^a	0.06±0.24 ^a
Dietteffekt	Kontroll	4,6	5,6	0,5
	Forte	2,6	2,3	0,1
	P-verdi	<0,01	<0,01	<0,01

Signifikante forskjeller ($P < 0.05$) for de enkelte lusestadiene mellom ulike merder vist ved ulike bokstaver

Fisken som ble telt for lus ble også veid. Det var ingen signifikante forskjeller i vekt mellom de merdene eller de ulike forbehandlingene (Tabell 10).

Tabell 10 Snittvekt av 100 fisk per merd 10. april

Merd	Diett	Gjennomsnitt (kg)	Min	Maks	Estimert daglig tilvekst (%)
3	Forte	1,7±0,5	0,6	3,3	0,50
4	Kontroll	1,8±0,7	0,6	3,3	0,59
9	Kontroll	2,0±0,6	0,8	3,9	0,66
10	Forte	1,9±0,5	0,8	3,2	0,52
11	Forte	1,8±0,6	0,6	4,3	0,75
Sum		1,8±0,6	0,6	4,3	0,60

Estimert daglig tilvekst ut fra snittvekt for perioden 8. april til 10. mai (30 dager).

2.3 Prøvetaking Nofima og Quantidoc den 9. mai

I forkant av fôravlusingen tok Nofima prøver av alle merdene med ørret (utenom merd 1) for kjemiske analyser av skinn og muskel fra NQC, og skinn til microarray analyser for screening av gener som kan indikerer hvilke påvirkning fôrene har på skinnhelsen. Fra merd 9 og 10 med ørret tok Quantidoc prøver av gjelle og skinnprøver av rygg, øvre og nedre hale og baktarm for kvantitative histologi av bla slimceller.

Nofima tok prøver av 6 ørret per merd. For de kjemiske analysene ble 3 fisk homogenisert sammen, og en fikk dermed 2 prøver per merd. Samlet ble det da analysert 4 prøver fra kontrollfisk og 6 prøver fra ørret fôret med Forte som kunne sammenlignes statistisk. Fra de kjemiske analysene av muskelprøvene ble observert ingen signifikante forskjeller i sammensetning av hovednæringsstoffer og farge mellom de ulike fôrgruppene. Muskel inneholdt litt over 28g tørrstoff per 100 muskel, derav ca 21 g råprotein, 7 g fett og 1 g aske per 100g muskel. Innholdet av fritt astaxanthin var nær opp til 11 mg per kg muskel (Tabell 11).

Tabell 11 Sammensetning av hovednæringsstoffer og farge i muskelprøve fra ørret gitt 2 ulike fôr

Makronæring (g/100g)	Kontroll	Forte
Total tørrstoff	28,2 ± 0,6	28,4 ± 0,7
Råprotein	20,6 ± 0,5	20,8 ± 0,3
Total fett	7,1 ± 0,9	6,8 ± 0,6
Aske	1,3 ± 0,0	1,3 ± 0,1
Fritt astaxanthin (mg/kg)	11,0 ± 1,3	10,5 ± 0,5

Muskelprøvene ble også analysert for totalinnhold av fettsyrer. Det ble funnet få signifikante forskjeller. I prøvene ble 91-95% av fettsyrene identifiserte. Av dette var ca 15 g metta fettsyrer, 46-48g enumettede fettsyrer og 32g flerumettede fettsyrer per 100 g muskel. Ketolinsyre (22:1n-1), en enumettede fettsyre en finner rik av i nordatlantisk zooplankton og pelagisk fisk, var tilstede med et signifikant høyere innhold i muskel fra ørret gitt kontrollfôret sammenlignet med ørret som hadde fått fôr med Forte ($P < 0,05$). Den samme trenden gikk igjen for 18:1, 20:1 og summen av de enumetta fettsyrene, men disse verdiene var ikke signifikant forskjellige mellom fôrbehandlingene (Tabell 12). Forskjellen for 22:1-fettsyren var også observert for fôrene, mens de andre forskjellene gjenspeiler ikke forskjeller observert i fôrene, der kontrollfôret hadde et lavere innhold av eumettede fettsyrer og et høyere innhold av mettede og n-3 flerumettede fettsyrer (tabell 3). Dette kan skyldes forskjeller i forbruk og syntese (kjedeforlengelse/ending i mettetet) av fettsyrer hos fisken fått de ulike diettene.

Tabell 12 Fettsyresammensetning i muskelprøver fra ørret gitt 2 fôr

Fettsyrer (g/100g muskel)	Kontroll	Forte
14:0	1,6 ± 0,0	1,5 ± 0,1
16:0	11,0 ± 0,3	10,8 ± 0,3
18:0	2,5 ± 0,1	2,6 ± 0,1
20:0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
22:0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,1
Sum mettede fettsyrer	15,4 ± 0,2	15,2 ± 0,5
16:1 n-7	2,1 ± 0,2	2,0 ± 0,2
18:1 (n-9)+(n-7)+(n-5)	41,8 ± 0,4	40,0 ± 1,0
20:1 (n-9)+(n-7)	2,7 ± 0,1	2,5 ± 0,1
21:5 n-3	0,1 ± 0,0	0,1 ± 0,0
22:1 (n-11)+(n-9)+(n-7)	b1,2 ± 0,0	a1,0 ± 0,0
24:1 n-9	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Sum enumettede fettsyrer	48,0 ± 0,5	45,7 ± 1,2
18:2 n-6	15,3 ± 0,5	16,2 ± 1,0
18:3 n-6	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,1
20:2 n-6	0,9 ± 0,1	1,0 ± 0,1
20:3 n-6	0,5 ± 0,1	0,6 ± 0,1
20:4 n-6 (ARA)	0,4 ± 0,1	0,4 ± 0,0
Sum n-6 flerumettede fettsyrer	17,4 ± 0,5	18,5 ± 1,1
18:3 n-3	4,2 ± 0,2	3,9 ± 0,1
18:4 n-3	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,1
20:4 n-3	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,1
20:3 n-3	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
20:5 n-3 (EPA)	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,1
22:5 n-3	0,6 ± 0,0	0,6 ± 0,0
22:6 n-3 (DHA)	6,2 ± 0,5	6,3 ± 0,3
Sum n-3 flerumettede fettsyrer	14,3 ± 0,7	14,0 ± 0,3
Sum flerumettede fettsyrer	31,8 ± 1,3	32,5 ± 1,2
Sum identifiserte fettsyrer	95,2 ± 1,4	93,4 ± 2,2

Signifikante forskjeller ($P < 0,05$) mellom ulike merker vist ved ulike bokstaver.

Det ble ikke observert signifikante forskjeller mellom fôrgruppene i innhold av mineraler i muskel. I prøvene av skinn ble det observert et signifikant høyere totalinnhold av fosfor og total arsen ($P < 0,05$) i kontrollgruppen sammenlignet med ørret fôret Forte (Tabell 13). Disse forskjellene er gjenspeilt av forskjeller observert i fôrene (tabell 1 og 2).

Tabell 13 Mineralsammensetning i muskel og skinn fra ørret gitt 2 fôr

Makromineraler (mg/g)	Muskelmineraler		Mineraler i skinn	
	Kontroll	Forte	Kontroll	Forte
Total fosfor	0,26 ± 0,00	0,27 ± 0,01	^b 0,51 ± 0,07	^a 0,43 ± 0,04
Magnesium	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00
Kalsium	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,69 ± 0,09	0,54 ± 0,16
Natrium	0,06 ± 0,00	0,07 ± 0,01	0,23 ± 0,03	0,24 ± 0,01
Spormineraler (mg/kg)				
Kobber	<5	<5	0,40 ± 0,00	0,42 ± 0,08
Jern	7,50 ± 1,00	8,17 ± 0,98	3,20 ± 0,88	4,02 ± 0,75
Sink	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	31,75 ± 4,86	26,00 ± 5,62
Mangan	<0,1	<0,1	1,90 ± 0,16	1,68 ± 0,66
Total arsen	1,83 ± 0,13	1,58 ± 0,29	^b 0,40 ± 0,00	^a 0,28 ± 0,04

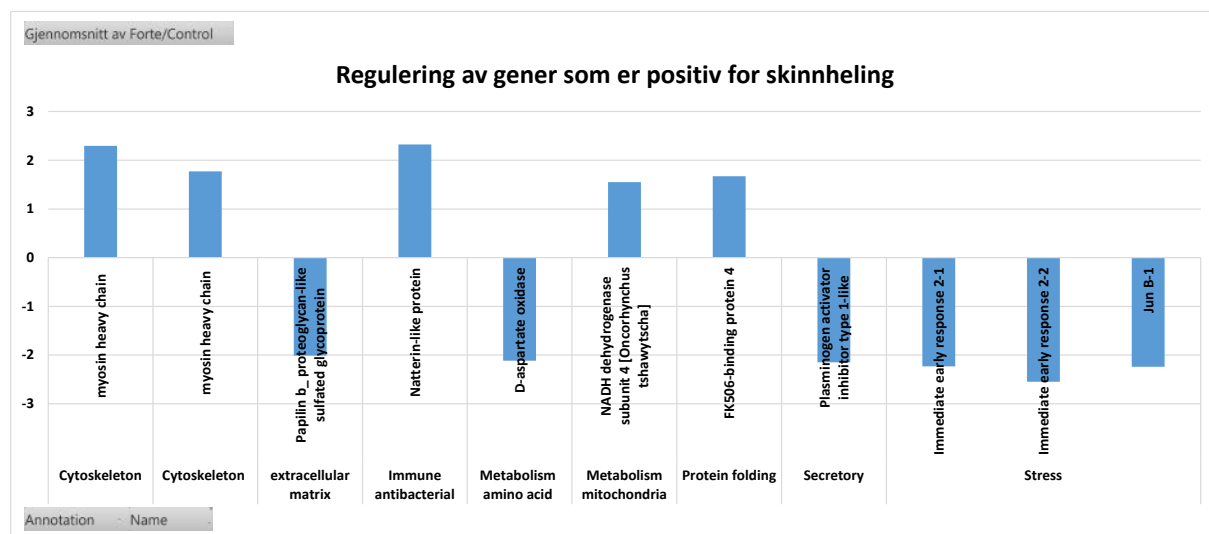
Transkriptomiske analyser ble utført ved bruk av Nofima's microarray SIQ6 med 15.000 gener annotert for funksjonelle roller hos laksefisk. SIQ6 har blitt brukt i flere studier for å studere hvordan laksens skinn responderer på lusepåslag, infeksjon og sår, og vi vet dermed hvilke gener som er involvert i disse prosessene. Antall gener som uttrykte forskjeller mellom fôrgruppene var 69, derav nesten halvparten (31 gener) som hadde rolle i heleprosessen av skinn, og 17 gener som var opp-regulert hos fisk fôret med Forte. Et utvalg av stress-relaterte gener var også ned-regulert i skinn fra fisk fôret med Forte (Tabell 14). De transkriptomiske faktorene Jun og C/EBP β er de mest sensitive og pålitelige markørerne for stress som aktiveres med ulike behandlinger og infeksjoner. Antall gener med immunologisk respons til fôrene var små. Fire gener som normalt aktiveres ved inflammasjon var derimot ned-regulert hos fisk fôret med Forte. Ned-regulering var også vist av gener som deltar i reparasjon av skinn; denne gruppen inkluderer ulike komponenter av ekstracellulære markører, vekst og transkriptomiske faktorer som kontrollerer differensiering av cellene. På den andre side, ble det også observert opp-regulering av 3 myofiber proteiner hos fisk fått fôr med Forte. Deres rolle i laksefisk skinn er ukjent, men det er kjent at disse genene viser sterk respons til lus. Det kan være mulig at disse genene er involvert i sårheling og lukking av sår.

Oppsummert kan en si at fisk fôret med Forte viser tegn på en forbedret skinnhelse og har en profil av opp- og nedregulerte gener som er positiv for sårheling av skinn (Figur 3), sammenlignet med kontrolldietten. Samtidig hadde kontrollfiskene økt uttrykk av en del gener som tyder på et økt stressnivå og et mer aktivt immunsystem. Dette kan tyde på at det reduserte lusepåslaget i gruppene fôret med Forte skyldes et «sterkere skinn» og styrkede sårhelingsprosesser. Disse hypotesene må testes videre i fremtidige forsøk. Likevel kan resultatene muligens være publiserbare i et vitenskapelig tidsskrift hvis oppdragsgiver ønsker det.

Tabell 14 Uttrykte gener fra microarray resultater, vist som forhold mellom uttrykte gener hos fisk føret med Forte over uttrykte gener hos fisk føret kontrollføret (- = ned / + = opp-regulert)

Gener	Rolle	Forte/Kontroll uttrykk	P verdi (t-test)
CCAAT/enhancer-binding protein beta	Stress	-1,66	0,012
c-Fos	Stress	-2,26	0,001
DNA-damage-inducible 4	Stress	-1,58	0,01
Immediate early response 2-1	Stress	-2,23	0,0008
Immediate early response 2-2	Stress	-2,55	0,001
Jun B-1	Stress	-2,24	0,0003
Jun C-1	Stress	-1,95	0,000008
Jun C-2	Stress	-2,19	0,00003
Jun C-3	Stress	-1,54	0,0002
C-reactive protein precursor	Inflammation	-1,46	0,013
Defensin beta 4	Inflammation	-1,49	0,013
Heme-binding protein 2	Inflammation	-1,76	0,018
Ornithine decarboxylase 1	Inflammation	-1,74	0,0001
Chondroitin sulfate proteoglycan 5	Tissue repair	-1,50	0,04
Collagen type XI alpha1	Tissue repair	-1,72	0,00007
Connective tissue growth factor	Tissue repair	-1,79	0,005
Cysteine rich angiogenic inducer	Tissue repair	-1,94	0,0006
Krueppel-like factor 2	Tissue repair	-1,56	0,00017
Matrix Gla protein precursor	Tissue repair	-1,71	0,0014
Papilin b proteoglycan	Tissue repair	-2,01	0,0004
Plasminogen activator inhibitor 1	Tissue repair	-1,80	0,0005
Procollagen C-endopeptidase	Tissue repair	-1,45	0,016
Transcription factor ATF-3	Tissue repair	-1,66	0,0001
Actin	Myofiber	1,53	0,02
Myosin heavy chain 1	Myofiber	1,77	0,03
Myosin heavy chain 2	Myofiber	2,29	0,05

Statistisk sammenligning av kontrollfisk fra merd 4 og 9 (n=12) og fisk føret med Forte fra merd 3, 10 og 11 (n=18).



Figur 3 Regulering av gener positiv for skinnheling

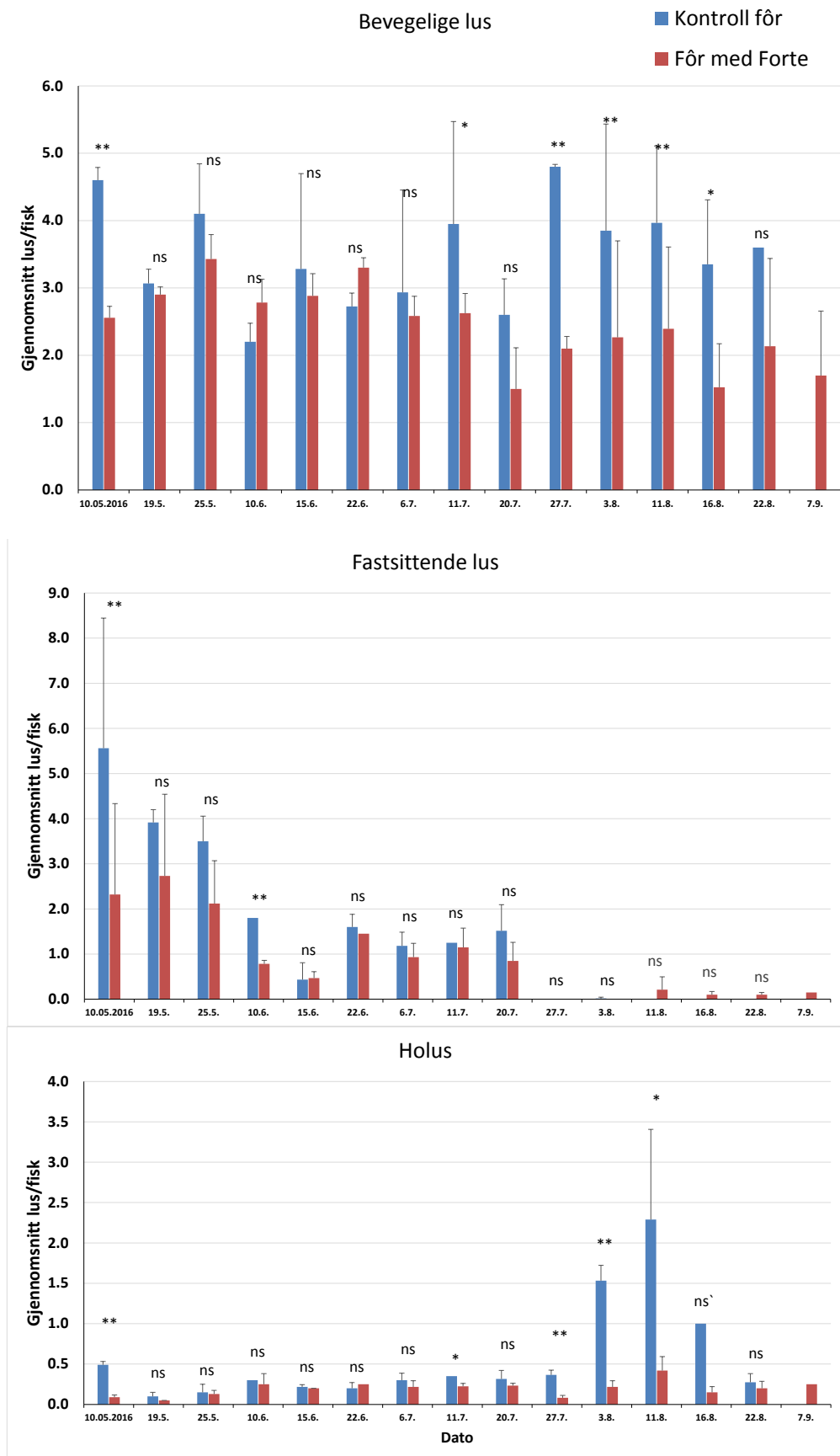
2.4 Oppsummerte resultater fra Quantidoc uttak 9. mai

- Det var en tendens å ha høyere tetthet og størrelse av slimceller på gjeller og på hud hos ørret som fikk fôr med 2% Forte.
- På gjellene hadde ørret i Forte gruppe signifikante (p-verdi <0.1, lm, posthoc) høyere tetthet av slimceller (11.4%) enn i kontroll gruppe (mars) (6.3%).
- De største slimcellene på gjeller var hos ørret i Forte gruppen (mai) (107.4 μm^2).
- Den høyeste tettheten av slimceller på hud hadde ørret i Forte gruppe (mars) (47.9%).
- De største slimceller på hud hadde ørret i Forte gruppe (mars) (265.3 μm^2).
- Den høyeste tettheten av slimceller i tarm hadde ørret i Forte gruppe (mai) (6.1 %).
- Den høyeste slimcellestørrelsen i tarm hadde ørret i Kontroll gruppe (126.4 μm^2).

2.5 Telling av lus og observasjoner i perioden 9. mai til slakt 2016

I perioden 9. mai til 14. juni ble kontrollfisk fôret med 2% Forte. Denne behandlingen ga en betydelig nedgang i antall fastsittende og bevegelige lus per ørret. Bevegelig lus viste også videre i forsøket å ha et fluktuerende påslag, men store deler av sommeren 2016 var det et signifikant lavere antall bevegelig lus på fisken fôret med 2% Forte sammenlignet med fisken i kontrollmerden. Etter fôringen med Forte var det et nedadgående påslag av fastsittende lus, som mot sensommeren 2016 var fraværende både på kontrollfisk og behandlet fisk (Figur 4). Dette kan være grunnet lav rekruttering av ny lus i en periode med lav salinitet, som ved 3 meters dyp var 10‰ lavere sammenlignet med salinitet i perioden mars-april (Figur 5).

Antall holus per ørret holdt seg lavt og under grensen til Mattilsynet gjennom sommeren frem til august, da det var et kraftig økning i antall holus per ørret i kontrollgruppen i en periode på ca 3 uker. Dette kan også ha sammenheng med en økende salinitet utover i august. For å komme på et nivå av holus under Mattilsynet krav ble kontrollfisken gitt et fôr med 4% Forte i 14 dager.



Figur 4 Etter «avlusing» med Forte er det en klar nedgang i antall holus per fisk i kontrollgruppen

Den 7. juli ble det igjen telt lus og målt vekt av 100 fisk i hver av merdene. Overordnet var det signifikant høyere antall bevegelige og fastsittende lus hos kontrollfisk sammenlignet med ørret føret med Forte, men ingen signifikante forskjeller i påslag av holus ved denne tellingen. Merd 1 med kontrollfisk hadde det høyeste antallet med 6 bevegelige lus per fisk, mens merd 10 med ørret føret Forte hadde det laveste antallet med i gjennomsnitt litt over 2 bevegelige lus per fisk (ANOVA, post hoc Tukey test $P < 0,05$). En så ingen signifikante forskjeller i antall fastsittende og holus per fisk mellom merdene (Tabell 15).

Tabell 15 Telling av lus av 100 fisk per merd 7. juli

Merid	Diett	Snitt bevegelig	Snitt fastsittende	Snitt av holus
1	Kontroll	6,1 ± 2,8 ^d	1,5 ± 1,4	0,3 ± 0,5
3	Forte	4,6 ± 2,3 ^c	1,2 ± 1,4	0,2 ± 0,5
4	Kontroll	2,8 ± 1,9 ^{ab}	1,1 ± 1,2	0,2 ± 0,4
9	Kontroll	3,1 ± 1,8 ^b	1,5 ± 1,0	0,3 ± 0,5
10	Forte	2,3 ± 1,6 ^a	1,1 ± 0,9	0,2 ± 0,4
11	Forte	2,6 ± 1,6 ^{ab}	1,1 ± 1,1	0,1 ± 0,3
Dietteffekt	Kontroll	4,0	1,4	0,3
	Forte	3,2	1,1	0,2
	P-verdi	<0,01	<0,05	0,06

Signifikante forskjeller ($P < 0,05$) for lusestadier mellom ulike merder vist ved ulike bokstaver.

Snittvektmålingene viste heller ingen klare signifikante forskjeller mellom diettgruppene, men også her var det forskjeller mellom merdene (Tabell 16). Merd 9 med kontrollfisk hadde den høyest målte snittvekten på 3,0 kg, som var signifikant høyere enn det fleste andre merdene utenom merd 10 med ørret føret med Forte (ANOVA, post hoc Tukey test $P < 0,05$).

Tabell 16 Snittvekt av 100 fisk per merd 7. juli

Merid	Diett	Gjennomsnitt (kg)	Min	Maks	Estimert daglig tilvekst (%)
1	Kontroll	2,6 ± 0,8 ^a	1,0	5,0	
3	Forte	2,5 ± 0,7 ^a	0,9	4,3	0,63
4	Kontroll	2,6 ± 0,9 ^a	1,0	4,8	0,64
9	Kontroll	3,0 ± 0,8 ^b	1,2	5,3	0,67
10	Forte	2,7 ± 0,7 ^{ab}	1,4	4,7	0,61
11	Forte	2,6 ± 0,8 ^a	0,9	4,3	0,59
Sum		2,8 ± 0,8	0,9	5,3	0,63

Estimert daglig tilvekst ut fra snittvekt for perioden 9. mai til 7. juli (58 dager).

Det ble også telt lus og målt vekt av 100 fisk den 11. august. Overordnet var det signifikant høyere antall bevegelig, fastsittende og holus per ørret tildelt kontrollføret sammenlignet med ørret tildelt før med Forte. Merd 1 med kontrollfisk hadde et signifikant høyere antall av bevegelige lus og holus per fisk sammenlignet med de andre merdene, mens merd 10 og 11 med fisk føret Forte hadde det laveste antallet med lus (Tabell 17).

Tabell 17 Telling av lus av 100 fisk per merd 11. august

Merd	Diett	Snitt bevegelig	Snitt fastsittende	Snitt av holus
1	Kontroll	5,2 ± 3,1 ^c	0,0 ± 0,1 ^a	3,5 ± 3,1 ^d
3	Forte	3,3 ± 2,8 ^b	0,5 ± 1,0 ^b	0,5 ± 1,2 ^{ab}
4	Kontroll	3,3 ± 2,5 ^b	1,1 ± 1,4 ^c	2,1 ± 2,9 ^c
9	Kontroll	3,4 ± 1,9 ^b	0,5 ± 0,7 ^b	1,3 ± 1,7 ^{bc}
10	Forte	2,2 ± 1,9 ^a	0,0 ± 0,2 ^a	0,5 ± 1,3 ^{ab}
11	Forte	1,7 ± 1,5 ^a	0,1 ± 0,3 ^a	0,2 ± 0,5 ^a
Dietteffekt	Kontroll	4,0	0,5	2,3
	Forte	2,4	0,2	0,4
	P-verdi	<0,01	<0,01	<0,01

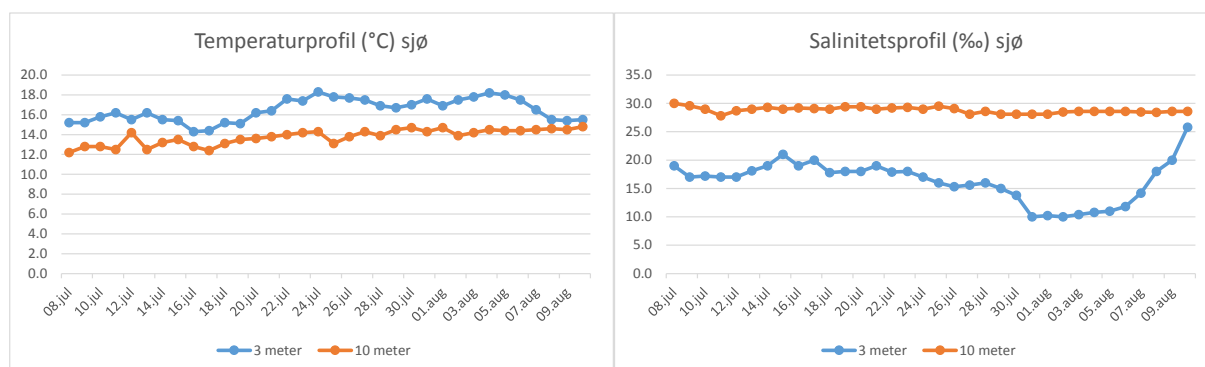
Signifikante forskjeller ($P < 0.05$) for lusestadier mellom ulike merder vist ved ulike bokstaver.

Det ble heller ikke observert klare signifikante forskjeller i målt snittvekt. Merd 3 med fisk føret Forte hadde den lavest snittvekten på 3 kg, som var signifikant lavere enn de andre merdene utenom merd 11 som også hadde fisk føret med Forte (Tabell 18).

Tabell 18 Snittvekt av 100 fisk per merd 11. august

Merd	Diett	Gjennomsnitt (kg)	Min	Maks	Estimert daglig tilvekst (%)
1	Kontroll	3,4 ± 0,9 ^{bc}	1,4	5,5	0,71
3	Forte	3,0 ± 1,0 ^a	1,3	5,8	0,52
4	Kontroll	3,4 ± 1,0 ^{bc}	1,1	5,8	0,79
9	Kontroll	3,4 ± 1,0 ^{bc}	1,2	5,8	0,35
10	Forte	3,5 ± 0,9 ^c	1,1	5,7	0,73
11	Forte	3,1 ± 0,9 ^{ab}	1,1	5,4	0,45
Sum		3,3 ± 1,0	1,1	5,8	0,59

Estimert daglig tilvekst ut fra snittvekt for perioden 7. juli til 11. august (35 dager).



Figur 5 Temperatur og salinitet ved 3 og 10 meters dyp for perioden

2.6 Analyser av slaktefisk

Ørreten ble slaktet ved Slakteriet (Instefjord, Gulen) august-september 2016. Det ble tatt ut 5 helfisk fra de respektive merder tildelt kontrollfôret (1, 4 og 9) og fôret med 2 % Forte (3, 10 og 11). All fisken var i perioden fra 11. august til slakt tildelt fôret med 2% Forte. Analyser av NQC muskel fra den slaktet fisk viste dermed få forskjeller i innhold av farge og fettsyrer. All ørreten hadde et høyt innhold av fritt astaxanthin på 12-13 mg per kg muskel

Det ble observert et signifikant høyere innhold av det gule karotenoidet zeaxanthin i muskel fra ørret fôret 2% Forte sammenlignet med ørreten fra kontroll merdene (tabell 19). Nivåene av zeaxanthin er imidlertid nær deteksjonsgrensen, så dette bør ikke tillegges for mye vekt. Kilden for zeaxanthin i fôret kan enten være vegetabiliske fôrmidler i fôret, eller det kan stamme fra fiskens egen reduktive metabolisme av astaxanthin. For analyserte verdier av fettsyrer av NQC muskel var det igjen kun observert signifikante forskjeller for 22:1-fettsyrer mellom de to forsøksgruppene ved slakt (tabell 20). Det var derimot observert en endring i sammensetning av fettsyrer i muskel fra fisk tatt prøver av i mai og ved slakt. I slaktet ørret var det et høyere innhold av enumettede fettsyrer, og lavere innhold av mettede og flerumettede fettsyrer sammenlignet med fisk tatt prøver av mai 2016 (tabell 12). Noe av forskjellen kan forklares med en høyere andel identifiserte fettsyrer i den slaktede fisken, men disse forskjellene gjorde også at sammensetningen av fettsyrene samsvarte i større grad med det som var observert i fôrene.

Tabell 19 Sammensetning av fargestoffer i NQC-muskel

Fargestoffer (mg/kg)	Kontroll	Forte
Fritt astaxanthin	11,67 ± 1,53	12,67 ± 2,08
Canthaxanthin	<0,1	<0,1
Zeaxanthin	^a0,10 ± 0,00	^b0,23 ± 0,06
Lutein	0,20 ± 0,00	0,27 ± 0,06

Tabell 20 Sammensetning av fettsyrer i NQC-muskel fra slaktefisk

Fett og fettsyrer (g/100g)	Kontroll	Forfe
Total fett	15,6 ± 2,5	17,2 ± 2,9
14:0	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,0
16:0	10,5 ± 0,4	10,0 ± 0,3
18:0	2,7 ± 0,2	2,6 ± 0,2
20:0	0,3 ± 0,1	0,3 ± 0,1
22:0	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Sum mettede fettsyrer	15,2 ± 0,6	14,6 ± 0,5
16:1 n-7	2,3 ± 0,2	2,3 ± 0,1
18:1 (n-9)+(n-7)+(n-5)	45,7 ± 0,9	46,0 ± 1,2
20:1 (n-9)+(n-7)	3,3 ± 0,1	3,1 ± 0,1
22:1 (n-11)+(n-9)+(n-7)	^b1,4 ± 0,1	^a1,2 ± 0,1
24:1 n-9	0,2 ± 0,0	0,2 ± 0,0
Sum enumettede fettsyrer	53,0 ± 0,9	52,8 ± 1,2
18:2 n-6	16,2 ± 0,8	16,2 ± 0,5
18:3 n-6	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
20:2 n-6	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,0
20:3 n-6	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1
20:4 n-6	0,3 ± 0,0	0,3 ± 0,0
Sum (n-6) flerumettede fettsyrer	18,4 ± 0,9	18,4 ± 0,5
18:3 n-3	4,4 ± 0,1	4,5 ± 0,2
18:4 n-3	0,5 ± 0,1	0,5 ± 0,1
20:3 n-3	0,4 ± 0,0	0,4 ± 0,0
20:4 n-3	0,5 ± 0,0	0,5 ± 0,1
20:5 n-3	1,5 ± 0,1	1,4 ± 0,1
22:5 n-3	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,0
22:6 n-3	5,1 ± 0,4	4,9 ± 0,3
Sum (n-3) flerumettede fettsyrer	13,3 ± 0,5	13,0 ± 0,3
Sum flerumettede fettsyrer	31,8 ± 1,4	31,5 ± 0,9
Sum identifiserte fettsyrer	99,9 ± 0,3	98,9 ± 0,7

Det var heller ikke observert signifikante forskjeller i arsenforbindelser i skinn fra de ulike forsøksgruppene ved slakt. Det var derimot observert et høyere innhold av arsen (1,1 – 1,2 mg/kg) i skinnprøver tatt ved slakt enn ved prøver tatt mai 2016 (0,3 – 0,4 mg/kg). Dette kan skyldes ulike analytiske metoder, da det var mai 2016 kun analysert for totalinnhold av arsen, mens det fra slaktefisk var analysert for ulike arsenforbindelser. Innholdet av arsen var fordelt likt i fôr og prøver av fisk (tilnærmet 50% av arsenforbindelsen), mens andre arsenforbindelser ser ut til å være metabolisert og det er dermed observert endring i fordeling av disse. Arsenat ser blant annet ut til å være fullstendig metabolisert i fisken eller ikke tilstede i skinnvev, mens arsenbetain akkumuleres i større grad i fisken (tabell 21).

Tabell 21 Arsenforbindelser av skinn fra ørret slaktet august-september 2016 (samleprøve gruppe)

Arsenforbindelser (mg/kg)	Kontroll	Forfe
Arsen	1,1	1,2
Arsenat (III)	<0,04	<0,04
Arsenat (V)	<0,04	<0,04
Dimethylarsinate	0,076	0,083
Arsenbetaine	0,889	0,874
Arsenholine	<0,04	<0,04
Trimethylarsine oxide	<0,04	<0,04
Tetramethylarsonium ion	<0,04	<0,04
Arsensugar A	<0,04	<0,04
Arsensugar B	<0,04	<0,04
Arsensugar C	<0,04	<0,04
Arsensugar D	<0,04	<0,04

