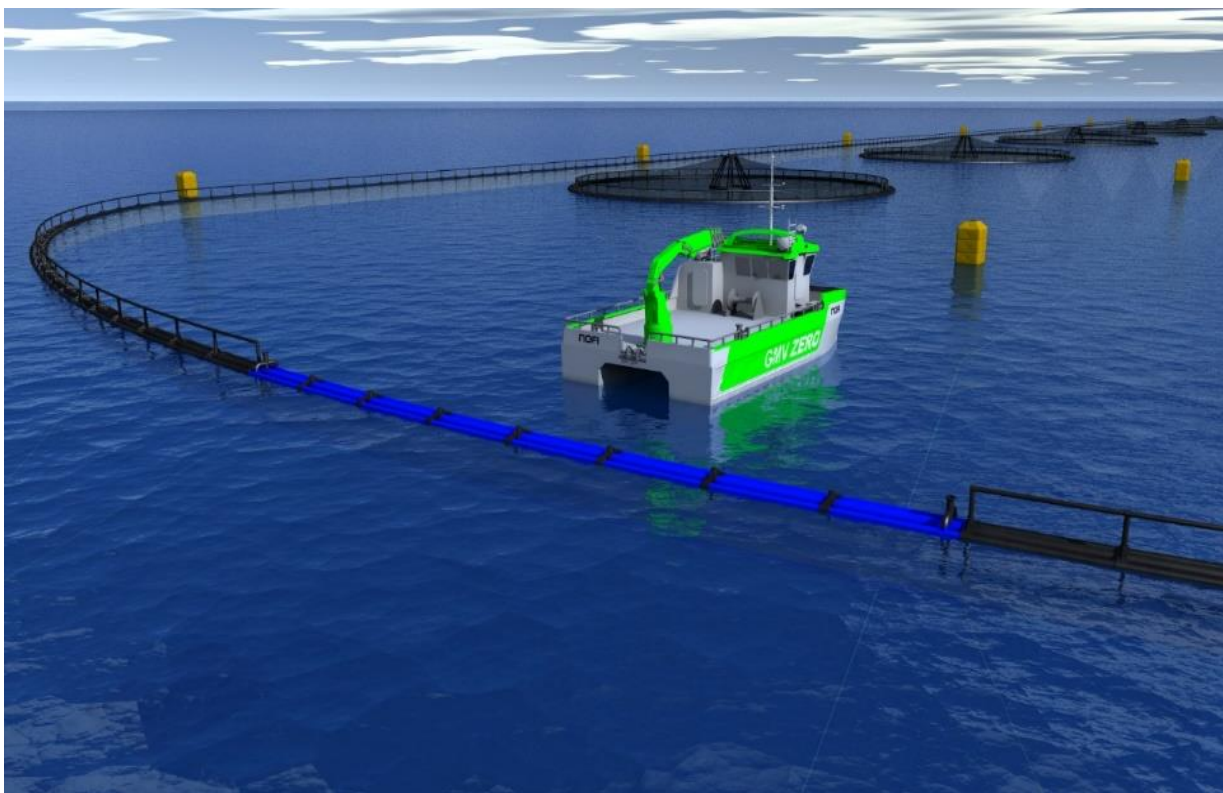


## Dokumentasjon av effekter på produksjonsbiologi og HMS



Akvaplan-niva AS Rapport: 9292 - 1

**This page is intentionally left blank**

<b>Rapporttittel</b> <b>Dokumentasjon av effekter på produksjonsbiologi og HMS</b>	
<b>Forfattere:</b> Lars Olav Sparboe Thor Jonassen	<b>Akvaplan-niva rapport nr.</b> 9292 - 1
	<b>Dato</b> 19.04.2019
<b>Prosjektgruppe:</b> Karin Bloch-Hansen, Lars Olav Sparboe, Kristine Hopland Sperre, Margrethe Nilsen, Claudia Halsband, Magnus Drivdal, Øyvind Leikvin, Thor Jonassen	<b>Antall sider</b> 20
	<b>Distribusjon</b> Åpen
<b>Oppdragsgiver</b> FHF	<b>Oppdragsg. referanse</b> 901457
<b>Sammendrag</b> <p>I denne delrapporten er det undersøkt om behandling av ferskvann påvirket produksjonsbiologien i de behandlede merdene. Det ble også undersøkt om ferskvannslense og ferskvannsforsyning som nye komponenter ville påvirke risiko og driftsoperasjoner i anlegget. Til sist ble det beregnet hva denne behandlingen medfører i økte produksjonskostnader for fisk på en lokalitet som Uløybukt i Nord-Troms.</p> <p>Merdene med ferskvannsbehandling hadde en signifikant, men svært liten, høyere dødelighet fra forsøksstart til første avlusning, mens det for hele produksjonssesongen (juni 2018 – februar 2019) så var dødeligheten for referansemerdene høyest. Sammenligning av tilvekst for hele produksjonssyklusen i sjø (april/mai 2017 – februar 2019) viste en signifikant bedre vekst på fisken i referansemerdene. Det er vanskelig å forklare forskjell i tilvekst over en så lang periode (20-22 mnd) og relatere det til hendelser under forsøket (varighet 4 måneder). Her kan ligge flere forklaringsvariabler knyttet til ulikt opphav, utsettidspunkt og -størrelser.</p> <p>Lensen fungerte godt i drift og var enkel og monterte og føre tilsyn med. Det ble ikke registrert avvik i internkontrollsystemet med denne anretningen. De ansatte oppfattet lensen til å stå stabilt i vannet og den var ikke til ulempe for drift.</p> <p>Kostnadene ved denne løsningen, som innbefatter både lenser montert på merder, og en ferskvannsforsyning, ble beregnet å ligge på ca. 0,22 kr/kg produsert laks i et kommersielt anlegg.</p>	
<b>Prosjektleder</b> Lars Olav Sparboe 	<b>Kvalitetskontroll</b> Atle Foss 

## INNHALDSFORTEGNELSE

1 INNLEDNING .....	5
2 PRODUKSJONS BIOLOGI .....	6
2.1 Dødelighet .....	6
2.2 Vekst .....	7
2.3 Nedklassing .....	10
3 HMS .....	11
4 KOST-NYTTEVURDERING .....	14
5 OPPSUMMERING .....	19
6 REFERANSER .....	20

© 2016 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

# 1 Innledning

---

Kostnadene forbundet med økt dødelighet og redusert tilvekst som følge av behandlingen mot lakselus kan ofte bli høyere enn selve behandlingskostnadene. I tillegg til tapt produksjon kommer negative effekter på fiskevelferd, HMS, risiko for resistensutvikling osv. Omfanget av driftsoperasjoner (eks. avlusingstiltak) vil reduseres med forebyggende tiltak mot lus som virker, gjennom færre lusebehandlinger og mindre bruk av mekaniske avlusingstiltak.

I dette delprosjektet har vi systematisert og analysert drifts- og produksjonsdata fra forsøksmerder (Figur 1) og referansemerder uten skjørt i henhold til Arnøy Laks sine normale prosedyrer på lokaliteten Uløybukt. Dataene er samlet inn fra bedriftens produksjons- og miljøregistreringer, slakterapporter, internkontrollsystem og intervjuer med involverte ansatte.

Grunnet utfordringer ved oppstart (forsinket montering av både ferskvannslense og luseskjørt) samt forsinkelser og ujevn tilførsel av ferskvann, var det vanskelig å definere nytteverdi av ferskvannsbehandlingen. Vurderingen av kost-nytte effekt er dermed gjort med utgangspunkt i en definering av kostnadene med denne forebyggende metoden, ved beregning av effekt på produksjonskostnaden pr. kg.



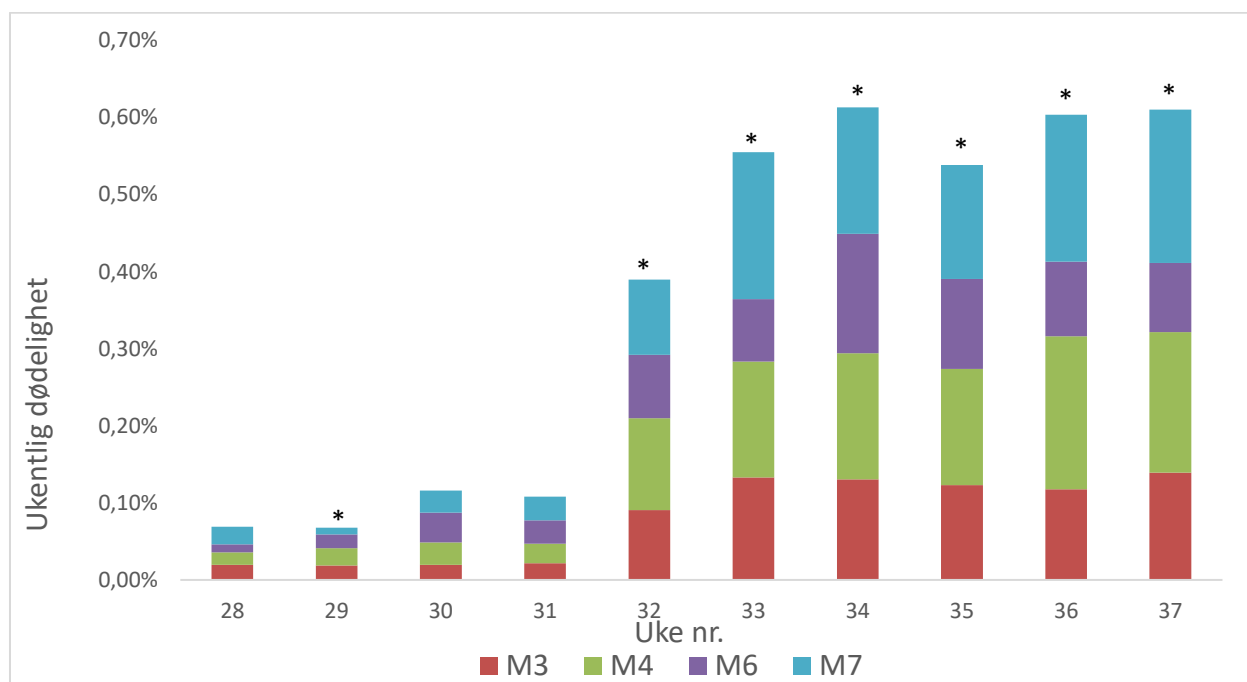
*Figur 1. Ferskvannslense med innfesting og tilførselsrør ferskvann.*

## 2 Produksjonsbiologi

I prosjektet har en ønsket å undersøke om ferskvannsbehandling som beskrevet ville påvirke produksjonsparametere som vekst, dødelighet og fôrfaktor. Det ble ikke gjort en fastsettelse av snittvekt i merdene ved forsøksstart, så forskjeller i vekst mellom behandlede og ubehandlede merder ble beregnet ut i fra veksten gjennom hele sjøfasen. Dødelighet ble beregnet for forsøksperioden med utgangspunkt i antallet i slakterapportene, korrigert for registrert dødfisk frem til slakting. Grunnet at en ikke hadde opplysninger om snittvekt ved forsøksstart, ble det ikke gjort analyser på forskjeller i fôrfaktor.

### 2.1 Dødelighet

Forsøket sto uforstyrret fra uke 28 da lenser og ferskvann ble satt på i M3 og M4 frem til første avlusning uke 37. Dødeligheten i denne perioden varierte mellom merdene (Figur 2), og på gruppebasis med sammenslåtte parallelle merder var det signifikante statistiske forskjeller mellom forsøksgruppene uke 29 og fra uke 32 til 37 ( $\chi^2 > 3.84$ ,  $df=1$ ), hvor dødeligheten i alle tilfellene var høyest for gruppen tilført ferskvann. Det er likevel verdt å merke seg at forskjellen mellom gruppene var svært liten. Vi finner ingen god forklaring på at salinitetsforskjellene mellom gruppene har forårsaket disse forskjellene.



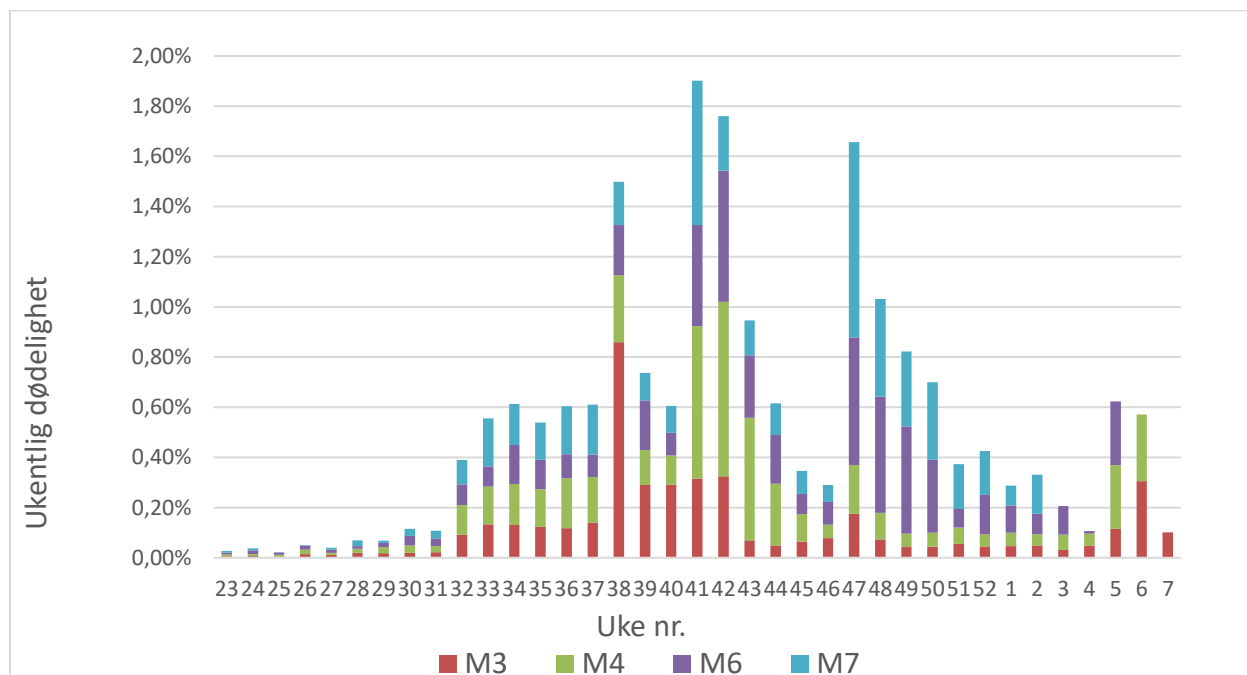
Figur 2. Utvikling i ukentlig dødelighet i perioden fra forsøksstart til første avlusning. Søyler markert med \* indikerer signifikante statistiske forskjeller ( $\chi^2 > 3.84$ ,  $df=1$ ) mellom gruppen med ferskvannstilsetning (M3 og M4) og referansegrupper uten ferskvann (M6 og M7).

Dødelighetsutviklingen gjennom hele produksjonssesongen fra starten av juni (uke 23) til februar 2019 (uke 7) indikerer økende dødelighet i alle merdene i perioden med økende temperatur fra august til oktober (Figur 3). Dette er i overensstemmelse med det generelle dødelighetsmønsteret registrert på laks i Norge i perioden 2013-16 hvor dødeligheten for stor fisk (over ca. 1 kg) økte ved temperaturer over ca. 11-12 °C, samt den generelt økende dødeligheten ved økende fiskestørrelse de siste 5 mnd. før slakting observert spesielt fra 2013-16 (Grefsrud m.fl. 2018).

Dødelighetstoppene uke 38, 41-42 og 47 kommer like i etterkant eller i forbindelse med avlusning (thermolicer) uke 37, 41 og 47 (Figur 3). Variasjonen i dødeligheten er derfor primært knyttet til lusebehandlingen. I den grad ferskvannstilsetning i merd bidrar til å redusere infeksjonspresset fra lakselus kan en forvente en positiv effekt på fiskevelferd (reduisert dødelighet) gjennom reduksjon av antall avlusninger.

Akkumulert dødelighet for hele perioden var signifikant høyere ( $\chi^2 > 3.84$ ,  $df=1$ ) i referansegruppen (4,59 %) sammenlignet med gruppen med ferskvannstilførsel (4,19 %). Dette er omkring nivået til de 20 % beste enkeltmerkene i Norge med lavest akkumulert normaldødelighet i perioden 2009-16 (4,4 % akkumulert dødelighet over 15 mnd.).

Havforskningsinstituttets «Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2018» (Grefsrud m.fl. 2018) sier: "Akkumulert dødelighet er en retrospektiv velferdsindikator som kan brukes til å vurdere velferd av hele eller lengre deler av produksjonssykluser av dyr. En vurdering av hele produksjonen er nødvendig hvis målet er å vurdere en produksjonsmetode, et produksjonssystem eller et produksjonssted." I rapporten koples akkumulert dødelighet innenfor 7,2 % til god fiskevelferd, og i Troms (produksjonsområde 11) faller litt over 40 % av de registrerte enkeltmerkene innenfor dette nivået. Basert på dødelighet som velferdsindikator er fiskevelferden i både forsøksmerkene og referansemerkene god.



Figur 3. Utvikling i ukentlig dødelighet fra uke 23 2018 til før slaktning uke 7 2019 for merder med ferskvannstilsetning (M3 og M4) og referansemerder uten ferskvann (M6 og M7).

## 2.2 Vekst

De forskjellige gruppene har noe forskjellig startvekt. Sammenligning av vekst baserer seg derfor på sammenligning av prosentvis daglig spesifikk vekstrate (SGR), etter på formelen:

$$SGR = ((\ln(W_t) - \ln(W_i)) / \Delta t) * 100,$$

hvor  $W_t$  = vekt ved tiden t (sluttvekt) oppgitt i g,  $W_i$  = startvekt oppgitt i g og  $\Delta t$  = varigheten av vekstperioden (antall dager).

Som følge av noe forskjellig slaktetidspunkt var det noe temperaturforskjeller mellom gruppene som påvirker vekstraten. For å utligne denne temperatureffekten ble også temperaturkorrigert vekstfaktor (TGC) benyttet som vekstmål. Basert på TGC kan vekst-forskjeller mellom gruppene sammenlignes direkte, uavhengig av temperatur (Strand 2005). Formel for TGC (Cho & Bureau, 1998) er gitt ved:

$$TGC = ((W_t^{(1/3)} - W_i^{(1/3)}) / (T \times \Delta t)) \times 1000$$

hvor  $W_t$  er vekt ved tiden  $t$  (i dette tilfelle etter 28 dager),  $W_i$  er startvekt,  $T$  er vanntemperatur,  $\Delta t$  er varigheten av forsøket ( $i$ ).  $T \times \Delta t =$  døgngradesummen.

Dataene for vekstberegningene er gitt i Tabell 1 nedenfor.

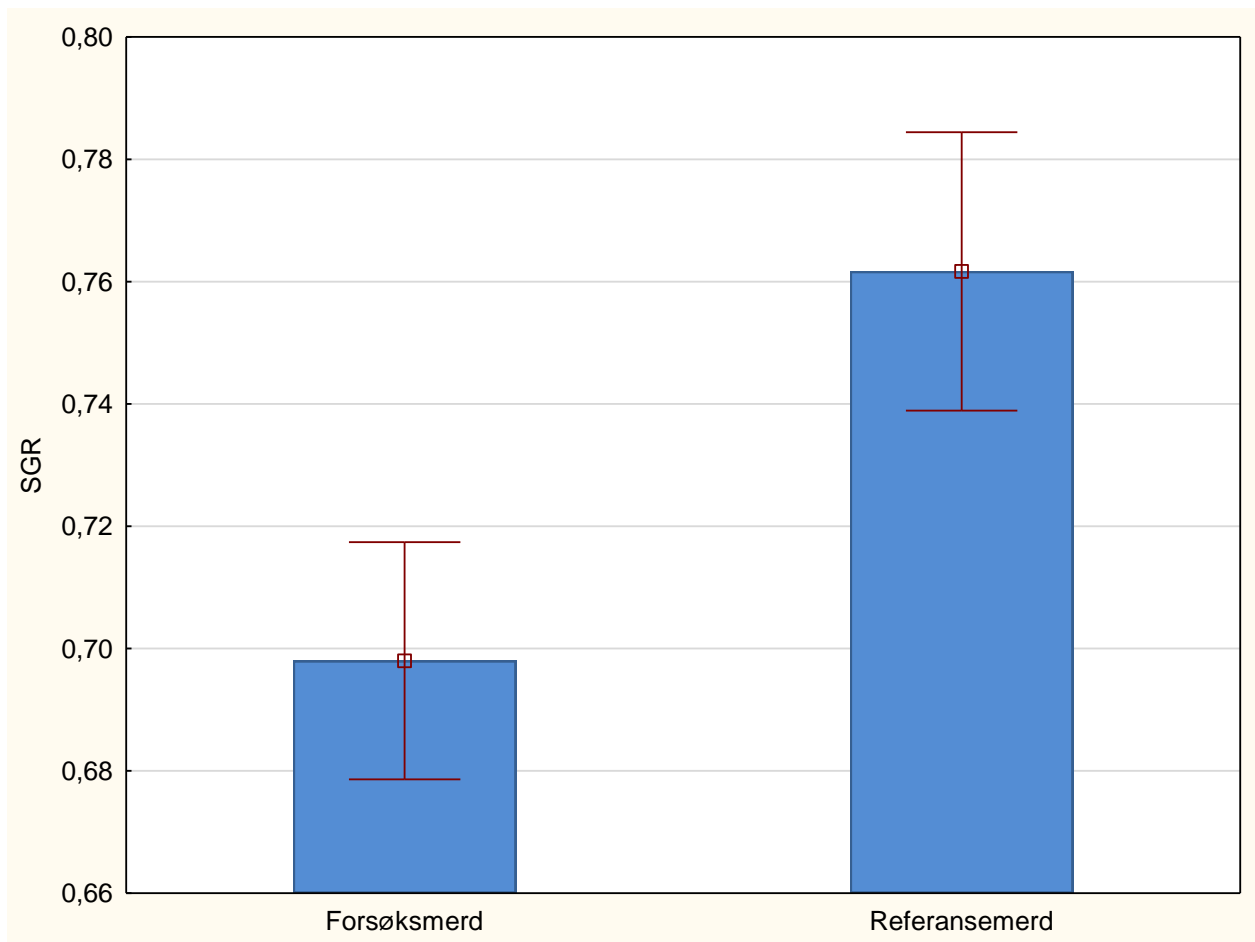
Tabell 1. Data for vekstberegning for forsøksmerkene med ferskvannstilførsel (merd 3 og 4) og referansemerkene uten ferskvannstilførsel (merd 6 og 7).

Merd nr.	Slakteuttak	t1 (tidspunkt for utsett av fisk)	t2 (slaktetidspunkt)	Antall dager	Temp snitt	Døgngradesum	Startvekt (g)	Sluttvekt (g)	TGC	SGR
3	1	25.05.2017	08.02.2019	625	7,14	4465	74,8	6 747	3,29	0,72
	2	25.05.2017	15.02.2019	632	7,11	4490	74,8	6 680	3,26	0,71
4	3	26.05.2017	14.01.2019	568	7,25	4120	101,8	5 782	3,22	0,71
	4	26.05.2017	02.02.2019	618	7,18	4437	101,8	6 953	3,25	0,68
	5	26.05.2017	05.02.2019	621	7,16	4448	101,8	6 701	3,19	0,67
6	6	24.06.2017	05.12.2018	530	7,34	3890	94,8	5 680	3,41	0,77
	7	24.06.2017	18.01.2019	574	7,23	4150	94,8	6 423	3,38	0,73
	8	24.06.2017	28.01.2019	584	7,19	4200	94,8	6 597	3,38	0,73
7	9	24.06.2017	10.12.2018	535	7,33	3923	72,2	5 169	3,35	0,80
	10	24.06.2017	27.12.2018	552	7,31	4033	72,2	5 407	3,32	0,78
	11	24.06.2017	10.01.2019	566	7,26	4110	72,2	5 410	3,26	0,76

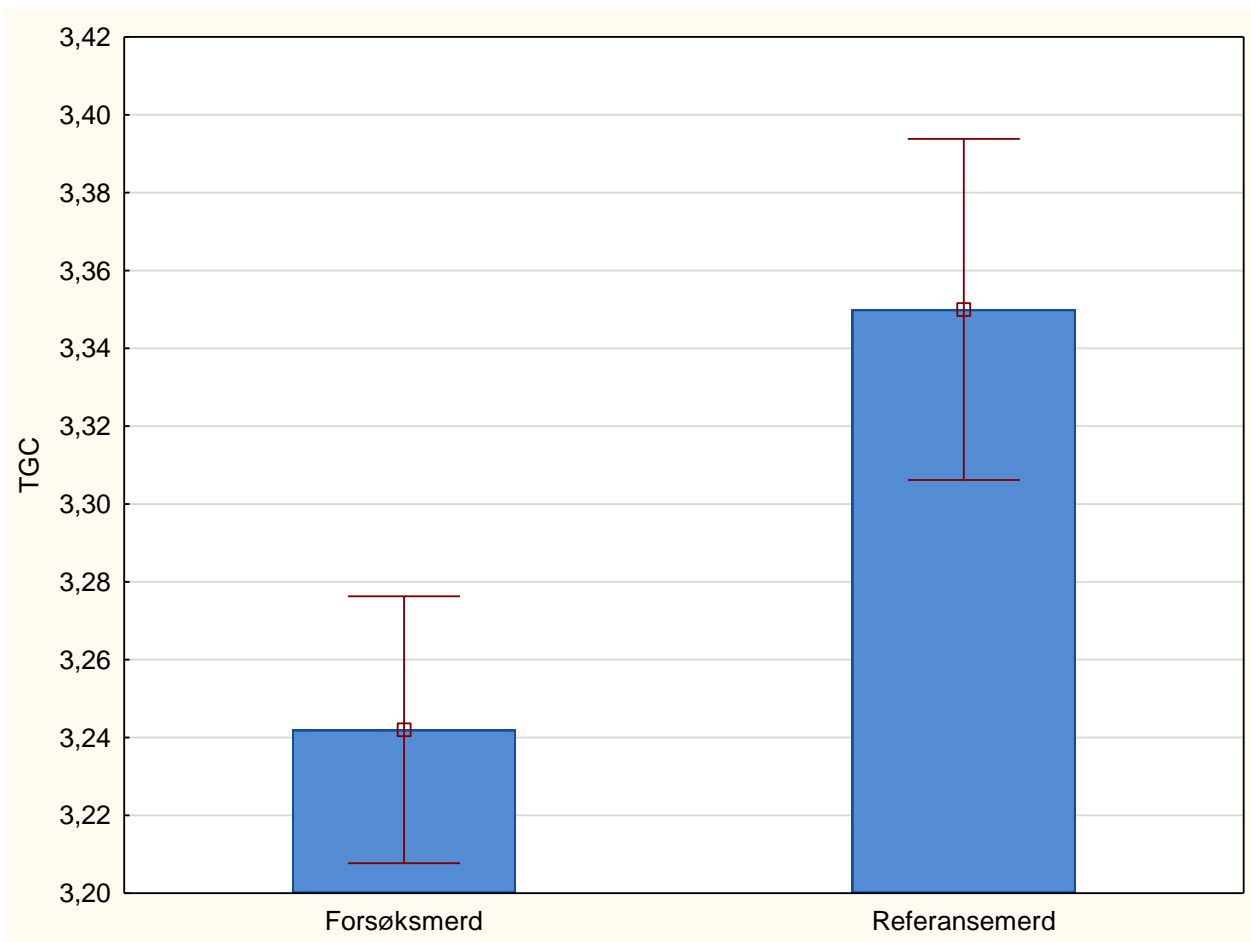
For sammenslåtte merder og måletidspunkt innenfor hver gruppe var det en signifikant forskjell i både SGR (en-veis ANOVA,  $p < 0,01$ ,  $n=5$ ) og for TGC (en-veis ANOVA,  $p < 0,01$ ,  $n=6$ ) med høyere SGR (Figur 4) og TGC (Figur 5) for referansegruppen sammenlignet med forsøksgruppen med ferskvannstilførsel og lense.

Det er vanskelig å spekulere i årsakene til vekstforskjellene mellom gruppene, men det er nærliggende å tro at eventuell fiskebakgrunn (f.eks. forskjeller i klekketidspunkt, vekst, sortering og annen behandling før utsett), smoltkvalitet, utsettingstidspunkt (temperatur 6,1°C i 25. mai mot 9,4 °C 24. juni) o.a. har mer betydning for det videre vekstforløpet enn en kort periode med ferskvannstilførsel i overflaten og 2m dype lenser.





Figur 4. Spesifikk vekstrate (SGR) for forsøksmerdene med ferskvannstilførsel og referansemerdene uten ferskvannstilførsel hvor merder og måletidspunkt innenfor hver gruppe er slått sammen. Vertikale linjer på søylene indikerer standard feil (SEM).



Figur 5. Temperaturkorrigert vekstfaktor (TGC) for forsøksmerdene med ferskvannstilførsel og referansemerdene uten ferskvannstilførsel hvor merder og måletidspunkt innenfor hver gruppe er slått sammen. Vertikale linjer på søylene indikerer standard feil (SEM).

## 2.3 Nedklassing

Nedklassing som følge av ferskvannsbehandling er omtalt i delrapport 9291 om fiskevelferd:

*"Informasjon fra kvalitetskontroll av slaktefisk ble også innhentet for kartlegging av antall laks som ble nedklasset på grunn av kjønnsmodning. Dataene omfattet tilfeldig utvalgte klassifiseringsdata fra 100/fisk i hhv. forsøks- og referansemerder ved utslakting (N=400). Identifikasjon av kjønnsmodning ved kvalitetskontroll er basert på visuell vurdering av slaktefisk og observasjon av fisk med tydelig kjønnsdrakt."*

*"I rapporter fra utvalgte kvalitetskontroller ble det kun funnet 1/400 fisk med nedklassingsårsak: morfologiske kjønnsmodningskarakteristika. Funnet ble gjort i en av referansemerdene (merd 7). Observasjon av én fisk med gytedrakt i tilknytning til kvalitetssortering ved slakteriet ansees som et tilfeldig funn."*

# 3 HMS

Ved etablering av ferskvannsforsyning og montering av ferskvannslensen, ble det hos Arnøy Laks utarbeidet brukerhåndbok for ferskvannsforsyningen. Brukerhåndbok ble også levert av lensens leverandør NOFI. I disse er det gjort risikovurderinger av mulige hendelser, sannsynlighet og konsekvenser av disse.

Arnøy Laks oppdrett				Dokument
Brukerhåndbok ferskvannssystem				Generelt
Forfatter: RBE	Utgittesnr: II	Utgittesnr: I.01	Utgittesnr: 31.10.2016	Side: 1 av 2

### Brukerhåndbok ferskvannssystem

**1.0 Produsent og produktinformasjon**  
**1.1 Produsent**  
Rørellementer:  
Vannpumpe:

**1.2 Endring av produkt**  
Alle endringer og ombygninger må gjøres i samråd med produsent.

**2.0 Beskrivelse av produkt**  
Ferskvannssystemet er bygd opp av vannpumpe med tilhørende rørsystem.

**2.1 Funksjon**  
Ferskvannssystemet skal sikre kontinuerlig tilførsel av ferskvann inn til merdene, og skal i kombinasjon med ferskvannslenser skape et lokk av fersk/brakkvann i merdene. Dette skal motvirke vekst og smitte av lakselus i merdene.

**2.2 Oppbygging**  
Vannpumpe er plassert i kontainer i strandsonen ved elveutløpet. Innsuget til pumpa er plassert i en oppdemmet del av elva.  
Rørsystemet delvis nedlodet strekker seg fra pumpa, langs havbunnen og ut til anlegget. Ved anlegget stiger røret fra bunnen, over anleggets rammeformføring til havoverflaten. Røret ligger midt i anlegget, likt plassert som forslangene. Røret er delt ved xxx med ett rør til M3 og ett til M4. På begge vannrørene til merdene er det montert stoppekran og utløp. Utløpet er designet som en «T» ca 5m bredde og er plassert midt i merdene. «T»-en er sikret med stau i merdene, på lik linje med annet utstyr montert i merden. Røret er strukket inn i merden mellom håndlist og not, og ligger mot mendingen.  
Rørsystemet er totalt ca 800m langt.

**2.3 Innfestning**  
Rørsystemet ligger nedlodet, løst på bunnen og er ikke forankret mot bunnen. Røret er fortayd i rammeformføringene via blåsene; hjørner 305 og 308 (ref. lokalitetskart i Havbruksloggen).  
Røret er festet i merden ved mendingen, i stolpen. I tillegg er røret utløst sikret på to punkter i merden, med samme type tauverk som ved innfestning annet ekstrautstyr i merden.

**3.0 Drift og vedlikehold**  
**3.1 Prosedyre for utsett og montering**  
Vannpumpen monteres opp av sakkyndig personell iht pumpens egen brukerhåndbok.

1

Side 1 av 7

# NOFI



Dokumentnavn:  
**NOFI Ferskvannskjørt**  
Ikke-medikamentell behandling mot lakselus

**Brukerhåndbok for 140 m prototype av ferskvannskjørt**

NOFI Dokumentnr.:  
**D306 – M - 640**

A	16.05.18	Erstatning utgitt	#B	31.10.16	Utgitt
Revisjon	Dato (Å,Å,Å)	Erstatning utgitt	#B	31.10.16	Utgitt

Reddyt is a trademark of the company. All documents and its content are the property of NOFI. Trademark and may not be reproduced or stored in any form without the prior written approval. The information is provided for informational purposes only. NOFI does not warrant or accept any liability for the accuracy or completeness of the information provided.

Eksempel på risikoanalyse ferskvannslense:

### 6.1 Risikovurdering og prosedyre for drift og ettersyn

Visuelt ettersyn samt kontroll av begroing skal foretas regelmessig i forbindelse med øvrig ettersyn av oppdrettsanlegget. Ukentlig og i etterkant av arbeid med oppdrettsmerden burde det kontrolleres at det ikke har oppstått skader på ferskvannskjørtet og at montering fortsatt er i henhold til gjeldende brukerhåndbok.

Det er utført en risikovurdering for ferskvannskjørtet, hvor følgende faktorer er identifisert som viktige kontrollpunkter:

- Under normal drift må det påses at ferskvannskjørtet henger med flytelegemene i vannlinjen, at innfestingspunktene er fastgjort og strammet jevnt.
- Det må kontrolleres at ferskvannskjørtet ikke er montert slik at det kan skape gnag på not eller innfestning til not.
- Innfestningstau på ferskvannskjørtet må inspiseres for slitasje og gnag, spesielt der det er i kontakt med skarpe kanter (gangbaner)

Ved uforutsette hendelser som påslag av is, svært dårlig vær eller andre uhell ved oppdrettsanlegget må det kontrolleres at nettet fortsatt er montert etter anvisningene og at det ikke har oppstått skader på ferskvannskjørtet. Det er viktig å påse at det ferskvannskjørtet ikke har eller kan medføre skader på not.

Risikoanalyse ferskvannstilførsel:

Operasjon	Beskrivelse	Rømming	
		Sannsynlighet	
<b>Oppstart av lokalitet</b>			
Risiko for gnag mot enkeltmerd/-not.	Skøyt ved overgang inn i merden. Kobling med kran. Risiko for gnag mot not og merd. Kobling med kran: krana er skrudd fast med skruer som kan slite mot merden.		4
			4
Brekkasje T-rør.	Risiko for at deler av systemet flyter løst i merden, og på denne måten kommer bort i notlinet.		4
Gnag mellom rør og ramme der røret stiger fra havbunnen.	Rør		4
	Fare for at hele røret løsner inni anlegget og skader merder og/eller anlegg.		4

## 4.0 Risikovurdering og prosedyre for ettersyn

### 4.1 Risikovurdering

Følgende faktorer er vurdert som risikofaktorer:

- Risiko for gnag mot enkeltmerd/-not
- Brekkasje T-rør
- Gnag mellom rør og ramme der røret stiger fra havbunnen

Beskrivelse av risiko og nødvendige reduserende tiltak er beskrevet i risikovurdering i figur 1.

Operasjon	Beskrivelse	Rømming			Risikoreducerende tiltak
		Sannsynlighet	Konsekvens	Risiko	
<b>Oppstart av lokalitet</b>					
Risiko for gnag mot enkeltmerd/-not.	Skøyt ved overgang inn i merden. Kobling med kran. Risiko for gnag mot not og merd. Kobling med kran: krana er skrudd fast med skruer som kan slite mot merden.	4	2	8	Daglig ettersyn av anlegg.
		4	2	8	Daglig ettersyn av anlegg.
Brekkasje T-rør.	Risiko for at deler av systemet flyter løst i merden, og på denne måten kommer bort i notlinet.	4	3	12	Daglig ettersyn av anlegg. Sideveisforankring i flytekrage for å sikre minst mulig bevegelse på T-rør.
Gnag mellom rør og ramme der røret stiger fra havbunnen.	Rør	4	4	16	Kvartalsvis ettersyn av anlegg. Festemidler som benyttes må være av samme kvalitet som ved innfestning av øvrige konstruksjoner. Daglig visuell inspeksjon av rørsystemet over
	Fare for at hele røret løsner inni anlegget og skader merder og/eller anlegg.	4	4	16	

Figur 1: risikovurdering av ferskvannssystem.

De nye komponentene ble lagt inn i bedriftens internkontrollsystem og inngikk dermed i sjekklister og avvikssystem. Eksempel på sjekklister er vist i Figur 6.

7.12.2018		Oppgave - Havbruksloggen.no	
Luseskjørt	- Sjekk alle opphengstau for luseskjørtene, se at det henger stramt og jevnt. Se etter slitasje og evt hull i duken. Vurder grad av groe og evt spyling. Evt avvik registreres på det spesifikke skjørtet. Dersom det ikke er luseskjørt på lokaliteten huker dere av "har ikke".	OK <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Har ikke <input type="button" value="Avvik"/>
Groe	- Grad av groe skal vurderes. Dersom det er mye groe, må dere vurdere behovet for å iverksette tiltak.	OK <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Har ikke <input type="button" value="Avvik"/>
Ruskjell - innerring	- Vurder grad av ruskjell og risiko for gnag mot not. I verksett tiltak dersom nødvendig.	OK <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Har ikke <input type="button" value="Avvik"/>
Ferskvannssystem	- Se etter gnag på not, merd og rørsystem der røret går inn i merden.	OK <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Har ikke <input type="button" value="Avvik"/>

Figur 6. Eksempel på sjekklister fra Arnøy Laks sitt internkontrollsystem. (Kilde: Kvalitetsleder Ragnhild Bergset Elvestad.)

Ved montering av ferskvannslensen ble det som tidligere nevnt oppdaget at lensen hadde fått snurr i produksjonen. Etter at snurren i lensen ble fjernet, ble det ikke registrert hendelser eller avvik med lensen i forsøksperioden.

Ved siden av resultatene fra HMS-systemet, er det blitt gjennomført intervjuer med kvalitetsleder og maritim leder. Konklusjonene er at de har opplevd utstyret som robust, velfungerende og med små ulemper for driften.

Kvalitetsleder Ragnhild Bergset Elvestad:

- Bruk: Under avlusning må ferskvannslensen heises opp, som et luseskjørt.
- Ved montering måtte lensen dras over merden og haneføttene måtte knytes om.
- Det har ikke vært avvik eller hendelser.
- Ingen hendelser. Ferskvannslensen har likhetstrekk med et luseskjørt, men står bedre mot strøm i sjøen, ingen plunder i drift, men noe plunder under montering.

Maritim leder Jostein Bentsen:

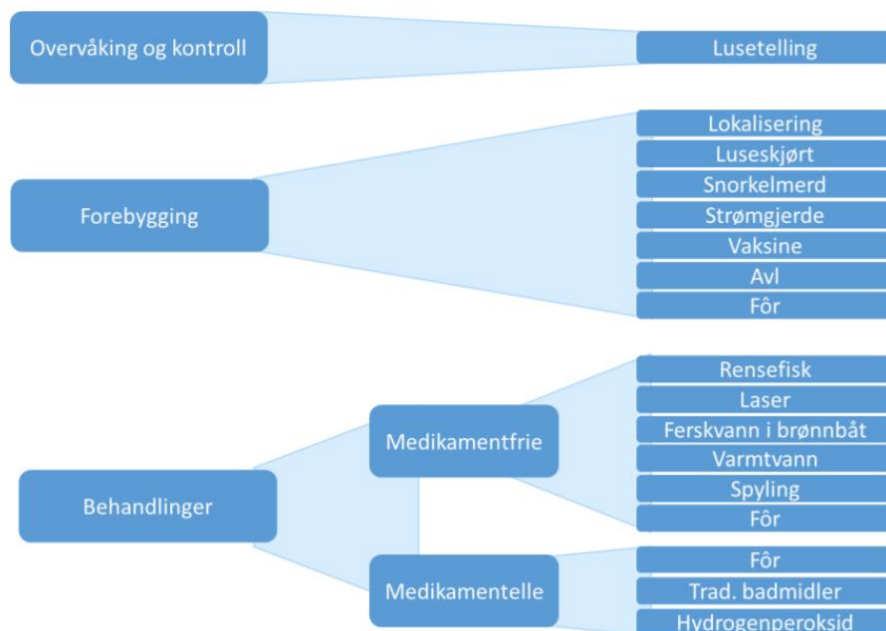
- Erfaringer med ferskvannslensen: Vedlikeholdsfritt, ikke i veien, enkel å montere (bortsett fra at feilproduksjonen med vrent lense skapte litt bry).
- Lensen håndteres som luseskjørt, men det gror lite på dem.
- Ved montering av lensen før nota monteres på ringen, vil den bli enda enklere å montere. Den står fint i sjøen og det er ikke risiko for å få den i propellen, som det er for luseskjørt.

## 4 Kost-nyttevurdering

Det er store kostnader knyttet til lusekontroll i norsk lakseoppdrett, og Iversen m.fl. (2017) fant at næringen brukte anslagsvis 5 mrd. kroner på overvåking, forebygging og behandling av lakselus i 2016. Dette inkluderte ikke tappt tilvekst ved behandlinger, og tap av omdømme i opinionen som kan påvirke næringens rammebetingelser negativt. Med en produksjon på rundt 1,2-1,3 mill. tonn gir dette rundt 4 kr/kg for hele næringen, mens variasjonene mellom regioner og anlegg kan være store i forhold til dette tallet og de komponentene som lusekostnadene består av.

I dette prosjektet ønsket en å undersøke kost-nytteeffekten av tiltaket. Ettersom det har blitt vist i øvrige delrapporter at man har hatt utfordringer med ferskvannstilførselen og effektene av behandlingen ikke er entydige, så er tiltakets nytte-effekt uklar. I videre analyser vil en derfor se på kostnaden ved et slikt tiltak i form av økt produksjonskostnad.

I følge Iversen m.fl. (2017) kan tiltak for lusekontroll deles inn i overvåking, forebygging og behandling av lus, Figur 7 **Error! Reference source not found.**.



Figur 7. Oversikt over tiltak for kontroll, forebygging og behandling av lus (fra Iversen m.fl. (2017)).

Forebygging ved bruk av ferskvann i lense, har klare likhetstrekk med bruk av luseskjørt, hvor hensikten er å redusere muligheten for påslag av luselarver på laksen.

Beregningen som her skal gjøres tar utgangspunkt i et pilotkonsept, og utfordringen blir dermed å anslå hva samme metode vil koste i kommersiell drift. I et pilotkonsept vil det påløpe utviklingskostnader og andre kostnader som ikke vil gjelde når man har fått driftserfaringer og når et produkt er kommersialisert og det er utviklet produksjonslinje for produktet. Styrken fra pilotforsøket er at lensene har vært testet i fullskala-størrelser og i full produksjon.

Tiltaket kan deles opp i to atskilte løsninger; den ene er selve linsen på merdene, den andre er ferskvannsforsyningen på land. Ferskvannslensen vil utgjøre en kostnad som varierer med antall merder (mengde fisk) som behandles. Ferskvannsforsyning er en fast investering som forsyner hele anlegget. Ferskvann kan fremskaffes på flere måter, men til grunn for utviklingen av dette konseptet ligger det en tanke om å utnytte ferskvann som er tilgjengelig fra mindre, nærliggende vassdrag uten

anadrom laksefisk. Norconsult har laget en oversikt over alle tilgjengelige vassdrag i Troms i denne kategorien (Johansen og Sanden, 2016), se Figur 8.



Figur 8. Oversikt over utvalgte i elver i Tromsø, som har vannføring over 50 l/s og som ikke har anadrom fiskebestander.

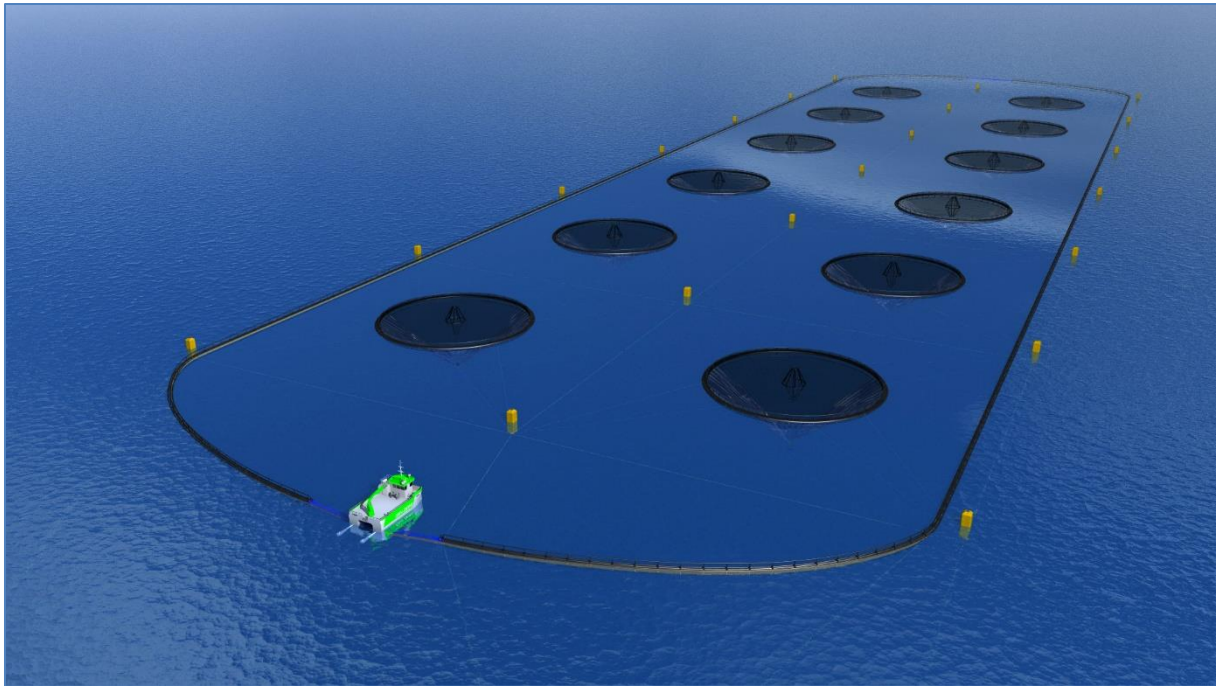
Norconsult fant også at over 90 % av lakselokalitetene i Troms fylke ligger innenfor 20 km avstand fra et slikt vassdrag.

Disse vassdragene er det mange av langs norskekysten, og naturinngrepene ved etablering av et pumpeinntak nær utløpet til sjø vil være beskjedne og reversible.

I motsetning til kostnader med ferskvannslensen, som er direkte relatert til antall merder som behandles, vil kostnadene til ferskvannstilførselen være lokalitetsavhengig. Avstanden fra vassdraget til lokaliteten vil variere, og dermed også rørlengde, rørdimensjon og trykkøkningspumpe. I dette tilfellet er avstanden 600 m, men det er vurdert i tidligere utredninger at det innenfor rimelighetens grenser godt kan føres vann i bunnledning i inntil 20 km.

Som Iversen m.fl. (2017) påpeker, kan kostnader knyttet til lusebekjempelse være komplisert å beregne. I det følgende forsøkes det anvendt samme tankegang rundt beregning av dette konseptets kostnader, som i nevnte rapport's beregninger knyttet til luseskjørt. Kalkylen som her presenteres regnes å gjelde for en hel lokalitet hvor alle merdene behandles.

Før kalkylen presenteres er det greit å minne om forskjellen fra det opprinnelige konseptet, hvor hovedprinsippet var å legge et ferskvannsløkk på hele lokaliteten, Figur 9.



Figur 9. PE-lense rundt lokaliteten. Kilde: NOFI.

Dette konseptet kan ha en annen investeringskostnad pr. kg fisk produsert, blant annet fordi ferskvannlensen for en hel lokalitet er tenkt å bestå av et trippelt PE-rør som flyter for lensen.

## 4.1 Kostnadskalkyle

Investeringene i ferskvannsforsyning og lense i prosjektet beløp seg til totalt 2 mill. kr, som inkluderte tidsbruk til rigging og drift av utstyret hos bedriften, inntaksstasjon i elv, pumpe, ferskvannsreservoar, rør og rørdeler samt pilotversjon i to eksemplarer av ferskvannslensen.

Ferskvannsreservoaret for lusebehandling kan utelates i en kommersiell variant, og evt. behov for avlusning kan oppfylles med andre metoder, men erfaringene fra pilotforsøket er at reservoaret (dukpose i sjøen) med fordel kan anvendes også som en buffer for ferskvannsforsyningen. Reservoaret vil dermed ha flere fordeler:

- Man blir mindre avhengig av driftskontinuitet på pumpestasjonen på land, og den kan stanses i kortere perioder hvor vannkvaliteten reduserer eller siler tilstoppes, som f.eks. ved flom.
- Man kan styre vanntilførselen ut i fra lekkasjen av ferskvann fra lensene. Ved stille vær vil behovet for ferskvann være mindre, mens i sterk vind og uvær kan behovet for ferskvann øke.
- Ferskvannsreservoaret kan også brukes i avlusning, om det skulle bli behov.

Et annet forhold er at inntaket i elva i kommersiell drift bør utformes bedre enn i dette prosjektet, hvor pumpeinntaket ble gravd ned i elvegrusen. Uten et ferskvannsreservoar som buffer, bør det etableres en mindre demning i elva. Et overslag over en demning viser at kostnadene kommer ca. på det samme som et ferskvannsreservoar.

Det medgikk ca. 280 000 kr i arbeidstid i prosjektet til rigging og drift, vedlikehold av ferskvannstilførsel, ettersyn av ferskvannslense og de åpne merdene, samt til daglige målinger og registreringer. En vurdering sammen med daglig leder Håvard Høgstad tilsier at det vil gå 1-2 timer i snitt per dag når man regner alle typer tidsbruk til lensene, som inkluderer montering og demontering, ettersyn (som gjøres i lag med daglig inspeksjoner av merdene), retting på slanger og eventuelle reparasjoner etter



uvær. For ferskvanns-forsyningen er det mindre behov for tilsyn, og her regnes det maks. 2 timer i uka på det.

Investeringen for ferskvannsforsyningen ble, dersom man ser bort i fra ferskvannsreservoaret, 670 000 kr. Dersom reservoar inkluderes som buffervolum for ferskvannet øker summen med ytterligere 600 000 kr, dvs. at kostnaden for hele ferskvannsforsyningen med reservoar blir på ca. 1,3 mill. kr, til å forsyne hele lokaliteten. Montering og utstyr ved montering av reservoaret kan tillegges, slik at det antas en total investering til å bli 1,5 mill. kr.

Produksjon av de to pilotlensene kostet 484 000 kr. Hva prisen vil bli i en kommersiell produksjon er ikke klart, men dersom man antar 20 % lavere kostnad, vil enhetsprisen for en slik lense være ca. 200 000 kr.

Levetiden på investeringer i ferskvannsforsyningen er forutsatt til 10 år, og dette legges til grunn for årlige avskrivninger. Det tekniske utstyret kan ha kortere levetid, mens vannledningen kan ha lengre levetid. Avskrivningstiden på ferskvannslensene er usikker, men ut i fra deres robusthet (kraftig duk) anses de å ha lengre levetid enn luseskjørt (1-3 år). Arnøy Laks sine luseskjørt har vart i 3-4 år, og de anslår lensene til å ligge et sted mellom 5-10 år. Her velges derfor en avskrivningstid på 7 år.

Driftskostnader består også av pumping av vann. Vannmengden som ble pumpet ut til merdene varierte mellom 40 og 50 l/s. Kraftforbruket lå i snitt på 683 kWh pr. døgn for å pumpe dette vannet i prosjektperioden, når stasjonen var i full drift. Med en tiltenkt driftstid under høysesongen for lusepåslag, (mai-desember, 8 mnd), utgjør kraftforbruket en driftskostnad på 150 tusen kr pr. år, forutsatt en strømpris på 90 øre pr. kWh (inkl. nettleie). Ved bruk av ferskvannsreservoar som buffer, er det anslått at 50 l/s vil kunne betjene en hel lokalitet, da den i rolige perioder kan bygge opp kapasitet og i perioder med ekstra behov for ferskvann kan forsyne med langt mer vann.

De årlige kostnaden for ferskvannsbehandling blir da 0,22 kr/kg, forutsatt en produksjon på 4000 tonn laks. (se Tabell 2).

Tabell 2. Estimerte kostnader knyttet til bruk av ferskvannslense for en lokalitet og generasjon.

	FV-lense		FV-forsyning	
	kr/kg prod.	Forutsetninger	kr/kg prod.	Forutsetninger
Investering, inkl. alt. kost	0,05	1 stk/merd, 0,2 mill. kr./7 år	0,10	1,5 mill. kr for 12 merder
Alternativ kost kapital		5 %		5 %
Strømforsbruk			0,04	90 øre/kWh (inkl. nettleie)
Arbeidskraft	0,025	1 time/dag = 0,2 årsverk	0,007	2 timer/uke = 0,05 årsverk
Tilvekst	Ikke estimert			
Sum pr. post	0,07		0,15	
Sum estimerte poster	0,22			

Iversen m.fl. (2017) modellerte kostnader for luseskjørt på samme måte, og kom til at det kostet 0,08 kr/kg produsert mengde laks på en lokalitet med 10 merder og en produksjon på 6200 tonn. Dette er åpenbart en lokalitet i sørligere del av landet enn Uløybukta. Det ble der lagt til grunn samme investeringskostnad pr. luseskjørt, men bare 3 års levetid. Resultatene fra beregningene over viser at selve ferskvannslensen koster i nærheten av det samme som luseskjørt for disse to lokalitetene, selv om levetid og årlig produksjon er noe forskjellig. Forskjellen mellom bruk av luseskjørt og ferskvannslense kommer i ferskvannsforsyningen, som gir et tillegg på 0,15 kr/kg i prod. kost for bruk av ferskvannet.

Faktorer som kan gjøre at kostnaden blir høyere enn det som her er estimert er:

- vassdraget ligger lengre fra lokaliteten enn i dette tilfellet
- at det kreves mer ferskvann enn 50 l/s for hele lokaliteten

En høyere produksjon på lokaliteten vil kunne senke kostnadene betydelig. Ved produksjon av f.eks. 6200 tonn laks slik som i Iversen m.fl. (2017) vil kostnaden bli redusert med 36 %, fra 0,22 kr/kg til 0,14 kr/kg.

Det sentrale spørsmålet blir til syvende og sist hva gevinsten ved bruk av ferskvannsbehandlingen i praksis innebærer. All den tid konklusjonene er uklare, kan en si at man minst må redusere kostnadene mht. lusekontroll (direkte behandlingskostnader, reduserte dødelighet, mindre tapt tilvekst, m.m.) med 0,22 kr/kg for denne lokaliteten, eller totalt 880 000 kr for at metoden skal lønne seg.

Ferskvannsreservoaret kan som nevnt brukes til avlusning, og da kan man slippe andre avlusningsmetoder. Den økonomisk gunstige effekten av dette kan være betydelig, men er ikke tatt med i denne kalkylen.

## 5 Oppsummering

---

Merdene med ferskvannsbehandling hadde en signifikant, men svært liten, høyere dødelighet fra forsøksstart til første avlusning, mens det for hele produksjonssesongen (juni 2018 – februar 2019) så var dødeligheten for referansemerdene høyest.

Når det gjelder tilvekst målt fra utsett i april og mai 2017, dvs. for ett år lengre tid enn forsøket varte, så var det en signifikant bedre vekst på fisken i referansemerdene. Det er vanskelig å forklare forskjell i tilvekst over en så lang periode (20-22 mnd) og relatere det til hendelser under forsøket (varighet 4 måneder). Her kan ligge flere forklaringsvariabler knyttet til ulikt opphav, utsettidspunkt og -størrelser.

Lensen fungerte godt i drift og var enkel og monterte og føre tilsyn med. Det ble ikke registrert avvik i internkontrollsystemet med denne anretningen. De ansatte oppfattet lensen til å stå stabilt i vannet og ikke vare til ulempe for drift.

Kostnadene ved denne løsningen, som innbefatter både lenser montert på merder, og en ferskvannsforsyning, forventes å ligge på ca. 0,22 kr/kg produsert laks i et kommersielt anlegg og lokalitet i Nord-Troms og tilveksten man kan forvente der. Selve lensen kan sees på å tilsvare like kostnader i forhold til et luseskjørt (jfr. Iversen m.fl., 2017) mens ferskvannsforsyningen isolert sett tilsvarer en økt produksjonskost på 0,15 kr/kg.

Besparelsen i avlusingstiltak ved å bruke ferskvannsreservoaret til avlusing, er ikke tatt med i denne kalkylen.

Det er uvisst om ferskvannslense til bruk som forebyggende metode i dette prosjektet hadde noen reell påvisbar effekt. Som beskrevet i andre delrapporter ble ferskvannsforsyningen irregulær og det var utfordringer med innblanding av sjøvann i elveinntaket i periode med mye springflo. Dette prinsippet skiller seg også fra hovedkonseptet, som tar sikte på å legge ferskvannsløkk på hele lokaliteten, som dermed kan ha et noe annet virkningsprinsipp enn på kun merdnivå.

## 6 Referanser

---

- Grefsrud, E.S., Glover, K., Grøsvik, B.E., Husa, V., Karlsen Ø., Kristiansen T., Kvamme B.O., Mortensen S., Samuelsen, O.B., Stien, L.H., Svåsand, T. (red.) 2018. Risikoreport norsk fiskeoppdrett 2018. Fisken og havet, særnr. 1-2018.
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Nystøyl, R og E.J. Hess (2017) Kostnadsutvikling i lakseoppdrett. Med fokus på fôr og lusekostnader. NOFIMA-rapport 24/2017. 47 s.
- Johansen, Y. og J. O. Sanden (2016) Vannføring for utvalgte elver i Troms. Norconsultrapport, oppdragsnr. 5166982. Utarbeidet for Arnøy Laks AS. 10 + 2 sider.