

Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI)

Faglig sluttrapport

Astrid Buran Holan, Bjørn Roth, Mette S.W. Breiland, Jelena Kolarevic, Øyvind J. Hansen, Audun Iversen, Øystein Hermansen, Bjarne Gjerde, Bjarne Hatlen, Atle Mortensen, Ingrid Lein, Lill-Heidi Johansen, Chris Noble, Kristine Gismervik og Åsa Maria Espmark





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 MVA

Rapport

		ISBN: 978-82-8296-497-5 (trykt) ISBN: 978-82-8296-498-2 (pdf) ISSN 1890-579X
<i>Tittel:</i> Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI) Faglig sluttrapport		<i>Rapportnr.:</i> 10/2017
		<i>Tilgjengelighet:</i> Åpen
<i>Forfatter(e)/Prosjektleder:</i> Astrid Buran Holan, Bjørn Roth, Mette S.W. Breiland, Jelena Kolarevic, Øyvind J. Hansen, Audun Iversen, Øystein Hermansen, Bjarne Gjerde, Bjarne Hatlen, Atle Mortensen, Ingrid Lein, Lill-Heidi Johansen, Chris Noble, Kristine Gismervik og Åsa Maria Espmark		<i>Dato:</i> 18. mai 2017
<i>Avdeling:</i> Produksjonsbiologi		<i>Ant. sider og vedlegg:</i> 108+2
<i>Oppdragsgiver:</i> Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)		<i>Oppdragsgivers ref.:</i> FHF # 901296
<i>Stikkord:</i> Medikamentfri lusekontroll, beste praksis, medikamentfri metode med håndtering, MFMH, rensefisk, medikamentfri metode uten håndtering, MFU, forebyggende tiltak mot lakselus, kombinasjonsmodeller, Integrated Pest Management, IPM		<i>Prosjektnr.:</i> 11820
<i>Sammendrag/anbefalinger:</i> Se side 1		
<i>English summary/recommendation:</i> See page 1-2		

Innhold

1	Sammendrag / Summary	1
2	Innledning	3
3	Problemstilling og formål	4
4	Prosjektgjennomføring	5
5	Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll	8
5.1	Lakselusa og viktige faktorer ved telling av lus	8
5.2	Medikamentfri metode for avlusning med håndtering (MFH)	10
5.2.1	Termisk	11
5.2.2	Mekanisk	17
5.2.3	Ferskvann i brønnbåt.....	23
5.2.4	Ferskvannsløkk i merd med skjørt.....	26
5.3	Medikamentfri metode for avlusning uten håndtering (MFU)	29
5.3.1	Rensefisk – oppdrettet rognkjeks og berggylt.....	29
5.3.2	Laser	50
5.4	Forebyggende teknologiske tiltak	54
5.4.1	Luseskjørt, snorkelmerd og nedsenkbar merd.....	54
5.4.2	Ultralyd	61
5.4.3	Semi-lukkede anlegg i sjø	62
5.4.4	Strømgjerder mot lus	67
5.5	Forebyggende biologiske tiltak.....	69
5.5.1	Fôr.....	69
5.5.2	Avl.....	72
5.5.3	Vaksiner	77
5.6	Kombinasjonsmodeller for lakseluskontroll.....	80
5.7	Sammenstilling og sammenligningsstudie	82
6	Handbok	83
6.1	Integrated Pest Management (IPM).....	83
6.2	Beste praksis av hver metode	84
6.2.1	Medikamentfrie metoder for avlusing med håndtering	84
6.2.2	Medikamentfrie metoder for avlusing uten håndtering	86
6.2.3	Forebyggende teknologiske tiltak	88
6.2.4	Forebyggende biologiske tiltak.....	90
6.2.5	Kombinasjonsmodeller for lusekontroll	91
6.3	SWOT	91
6.3.1	Medikamentfrie metoder for avlusing med håndtering	91
6.3.2	Medikamentfrie metoder for avlusing uten håndtering	93
6.3.3	Forebyggende teknologiske tiltak	94
6.3.4	Forebyggende biologiske tiltak.....	97
6.3.5	Kombinasjonsmetoder	98
7	Leveranser	99
7.1	Detaljert oversikt over leveransene i prosjektet:.....	99

8	Referanser	100
	Vedlegg 1: MEDFRI workshop Hell, 26 – 27. januar 2017.....	i

1 Sammendrag / Summary

Lakselus er den største utfordringen for havbruksnæringen i dag. Medikamentfrie metoder for lakseluskontroll kan deles inn i a) Medikamentfri metode for avlusning med håndtering (MFH); b) Medikamentfri metode for avlusning uten håndtering (MFU); c) Forebyggende teknologiske tiltak; d) Forebyggende biologiske tiltak og e) Kombinasjonsmodeller for lakseluskontroll, der man bruker en eller flere av avlusningsmetodene sammen. Det er behov for en helhetlig vurdering av eksisterende metoder med hensyn til effektivitet og hvordan de påvirker fiskevelferden. Dette ble søkt ivare tatt i dette prosjektet. Vurderingene inkluderer vitenskapelig og erfaringsbasert dokumentasjon, og hver metode er beskrevet i forhold til virkningsmekanismen, effekten og påvirkningen på fisken. Ut fra dette er beste praksis og risikomoment beskrevet, og der det er mulig er det også gjort økonomiske vurderinger. Prosjektet har blitt gjennomført som en desktopstudie og med intervju av både leverandører og brukere. Prosjektet inkluderer også kombinasjonsmetoder og hvordan kampen mot lakselus kan relateres til IPM (Integrated Pest Management) og landbrukets lange erfaring med skadedyrkontroll.

Det er stor variasjon mellom metodene hva angår grad av dokumentasjon. Flere av metodene er lite/ikke dokumentert, og noen bruker utstyr som det i dag kun er en produsent av. Det er av den grunn stort behov for videre objektiv dokumentasjon av virkegrad og velferdseffekt for mange av metodene. Vi har erfart at noen brukere produserer slik dokumentasjon på egen hånd, uten at denne er offentliggjort. For å få et så helhetlig bilde av dagens situasjon, risiko og potensiale ved de ulike metodene som mulig, er det derfor tatt med dokumentert informasjon, presentasjoner fra møter og intervjuer. En SWOT analyse for hver enkelt metode viser at alle har en rekke styrker og muligheter, men også svakheter og trusler (hindringer man kan støte på hvis man søker å realisere foreliggende mulighet). Denne rapporten vil av den grunn ikke konkludere med at noen metoder er bedre enn andre. Vi ønsker å poengtere at valg av metode må vurderes ut fra en rekke forhold, som eksempel grad av luseproblem, investeringsevne i metoden, og størrelse på anlegg og dens potensiale til å håndtere økt arbeidsmengde som noen av metodene medfører for å fungere optimalt.

Prosjektets faglige rapport er ment som en veiledning om hva som kan anses som beste praksis for bruk av de ulike metodene slik situasjonen er i dag. Rapporten er også ment som et grunnlag for videre diskusjon rundt de ulike metodene; styrker og svakheter, forbedringspotensialer og eventuelt om man bør vurdere å bruke noen av metodene i mer eller mindre grad. Det er også stort behov for videre dokumentasjon som omtalt over. Det finnes flere metoder for medikamentfri lusekontroll enn dem som er beskrevet i denne rapporten. Valg av metode ble gjort på grunnlag av hvor langt den har kommet i utvikling og kommersialisering.

Sea lice is the biggest challenge for the salmon aquaculture industry today. Medical-free methods for lice control can be divided into a) Medical-free methods with handling (MFMH); b) Medical-free methods without handling (MFMU); c) Preventive technological actions; d) Preventive biological actions and e) Combination models for sea lice control, where more treatments are used together. There is a need for a comprehensive assessment of existing methods in terms of the efficiency and the effect on fish welfare. This has been the main focus of this project. The assessments include scientific and empirical documentation, and each method is described in relation to the mechanism, the effect of the treatment and the effect on fish. From this, best practices and risk elements have been

described. Where possible, the methods are also evaluated economically. The project has been implemented as a desktop study and interviews with both suppliers and users have been done. The project also includes combination models, and how sea lice control could relate to IPM (Integrated Pest Management) and the long experience that the agriculture sector possesses regarding pest management.

There are large variations between the methods regarding the degree of documentation. Some of the methods are little or not documented, and some use equipment that today have only one producer. Therefore, there is need for objective documentation of function and welfare effects for many of the methods. We have experienced that some users produce this documentation on their own, even though this information is not public available. In order to get a comprehensive picture of the current situation, the risks and potentials of the various methods, it is therefore included documented information, presentations from meetings and interviews. A SWOT analysis for each method shows that all has a number of strengths and opportunities, but also weaknesses and threats (obstacles that can be encountered if one seeks to realize the available opportunity). For this reason, this report will not conclude that some methods are better than others. We want to point out that choice of method has to be evaluated based on a number of factors, such as the degree of problems, the ability to invest in the method, the size of the plant and its potential to handle the increased workload that some of the methods cause to function optimally.

This report is intended to be a best practice guide as the situation is today. The intention is also that the report can facilitate further discussions about the different methods; strengths and weaknesses, potentials for improvements and whether more focus should be put on some methods. There is a huge need for further documentation of many methods, as previously mentioned. Several medical-free methods were not described in this project. The choice of method was made on the basis of how far it has come in the development and commercialization.

2 Innledning

Lakselus er den største utfordringen for havbruksnæringen i dag. Det er en pågående utvikling av metoder for medikamentfri bekjempelse av lakselus. Disse kan deles inn i a) Medikamentfri metode for avlusning med håndtering (MFH); b) Medikamentfri metode for avlusning uten håndtering (MFU); c) Forebyggende teknologiske tiltak; d) Forebyggende biologiske tiltak og e) Kombinasjonsmodeller for lakseluskontroll, der man bruker en eller flere av avlusningsmetodene sammen.

Det er imidlertid behov for en helhetlig vurdering av eksisterende metoder, både enkeltvis og i kombinasjon, med hensyn til effektivitet mot lus, og ikke minst fiskevelferd. En slik vurdering inkluderer både vitenskapelig og erfaringsbasert dokumentasjon, da enkelte metoder helt eller delvis mangler vitenskapelig dokumentasjon. Dette ble søkt ivaretatt i prosjektet MEDFRI.

Prosjektet ble gjennomført som en desktopstudie og med intervju av både leverandører av de ulike metodene og av brukere. Prosjektets faglige rapport er utformet og ment som en enkel veiledning om hva, med utgangspunkt i dagens kunnskap, som kan anses som beste praksis for bruk av de ulike metodene, alene men også i ulike kombinasjoner. Rapporten er også ment å danne basis for videre diskusjoner om hva som eventuelt trengs for å vurdere og/eller videreutvikle metodene.

I dette prosjektet var Nofima ansvarlig organisasjon og tilsagnsmottaker. Dr. Astrid Buran Holan (Nofima) var prosjektleder og var leder av AP0, AP3 og AP6. Dr. Bjørn Roth (Nofima) var leder av arbeidet med AP1. Dr. Åsa Espmark (Nofima) var leder av arbeidet med AP2, og deltok i arbeidet med påvirkning på fisk og AP0. Cand. Scient. Mette Wesmajervi Breiland (Nofima) var leder av arbeidet med AP4 og deltok i arbeidet med rensefisk. Cand. Scient. Øyvind J. Hansen (Nofima) var leder av arbeidet med AP5. Dr. Jelena Kolarevic (Nofima) var leder av arbeidet med påvirkning på fisk. Siviløkonom/Cand. Oecon Audun Iversen (Nofima) var leder av arbeidet med økonomi. Cand. Scient. Kåre Aas (Nofima) deltok i AP1. Dr. Ingrid Lein (Nofima) deltok i AP2 samt i utarbeidelsen av spørreskjemaene. Dr. Atle Mortensen (Nofima) deltok i AP3. Cand. Scient. Lill-Heidi Johansen (Nofima) deltok i AP4. Dr. Bjarne Gjerde (Nofima) deltok i AP4. Dr. Bjarne Hatlen (Nofima) deltok i AP4. Dr. Chris Noble (Nofima) deltok i arbeidet med påvirkning på fisk. Fiskerikandidat Øystein Hermansen deltok i arbeidet med økonomi, og Dr./Cand.med.vet. Kristine Gismervik (Veterinærinstituttet) deltok i arbeidet med påvirkning på fisk med hovedfokus på metoder med håndtering. Fra universitetet i Stirling deltok Dr. Herve Migaud og Dr. Andrew Davie.

FHF etablerte en styringsgruppe for prosjektet. Denne besto av Geir Magne Knutsen (Bremnes Seashore AS), Henrik Trengereid (Marine Harvest ASA), Ketil Rykhus (Sjømat Norge), Marianne Halse (SalMar ASA) og Ronny Jacobsen (Nordlaks Oppdrett AS).

3 Problemstilling og formål

Hovedmålet med prosjektet var å beskrive og evaluere aktuelle medikamentfrie tiltak for forebygging og kontroll av lakselus, og med dette anbefale beste praksis for bruk av de enkelte metodene. Vi har også inkludert kombinasjonsmetoder og dratt relasjoner til IPM (Integrated Pest Management) og landbrukets lange erfaring og tradisjon med skadedyrkontroll.

Delmål:

- Beskrive kritiske momenter for behandlingen («hva kan gå galt»).
- Beskrive effekten på fisken, inkludert risiko for dødelighet etter behandling (vitenskapelig og/eller erfaringsbasert dokumentasjon).
- Evaluere eventuelle miljøpåvirkninger.
- Anslå kostnadene ved hver behandling (der det er mulig og hensiktsmessig).
- Utveksle erfaringer med Skottland for medikamentfrie metoder for avlusning.

Prosjektet skal komme næringen til nytte gjennom å:

- Gi kunnskap om de ulike metodene for medikamentfri bekjempelse av lakselus.
- Gi kunnskap om beste praksis av de ulike metodene inkludert eventuelle miljøpåvirkninger, påvirkning på fisk og kostnader.
- Bedre næringens omdømme gjennom bedre bekjempelse av lakselus.
- Bidra til at næringen på en forsvarlig måte reduserer problemet med lakselus.
- Bidra til diskusjoner mellom næring og forskning om beste praksis ut fra gitte forhold.

4 Prosjektgjennomføring

Det ble opprettet arbeidspakker (AP) for hver behandlingsmetode (AP 1-5) og en arbeidspakke (AP 6) som skulle sammenfatte resultatene fra AP 1-5 (se oversikt over arbeidspakker under). Sistnevnte ble gjennomført ved at alle AP-ledere møttes til en workshop 21. mars 2017. Hver behandlingsmetode ble vurdert i forhold til:

- a) Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen.
- b) Effektiviteten av behandlinga (vitenskapelig og/eller erfaringsbasert dokumentasjon).
- c) Påvirkning på fisken (fiskevelferd og fiskens ytelse (dødelighet, vekst, produksjonstap)).
- d) Eventuell miljøpåvirkning.
- e) Økonomi, gitt som kostnad med hver enkelt metode pr. kg produsert laks (der det var mulig).
- f) Kritiske momenter i utøvelsen av metoden (med referanse til punktene ovenfor).
- g) Kortfattet veiledning om beste praksis basert på punktene over.

Vurdering av de ulike metodene krevde grundig kjennskap til både teknologiske, biologiske og økonomiske forhold ved de ulike metodene. Datagrunnlaget baserer seg på publikasjoner i fagfelleverderte tidsskrift, publikasjoner og presentasjoner i såkalt grå litteratur (rapporter, nyhets-saker på nett, osv.). Det ble også utviklet et standard spørreskjema for en god del av metodene og foretatt intervjuer av både leverandører og brukere (oppdrettere og serviceselskaper). Erfarings-baserte tall fra oppdrettere gjorde oss i stand til å teste leverandørenes løfter, samt eventuelt oppdage andre typer effekter og kostnader enn det leverandørene har tatt høyde for. Det må likevel poengteres at på grunn av prosjektets korte varighet ble antall foretatte intervju noe begrenset og varierer fra metode til metode. Antall intervju er beskrevet under hver metode.

Økonomi

Lakselus påvirker oppdretternes økonomi gjennom både forebygging, behandling og tapt tilvekst (Iversen et al., 2015a;2016). Ved relativt lave lusenivå er det rimelig å anta at de direkte effektene av lusa på laksen er relativt små. Behandlingsmetodene har høye direkte kostnader, og flere av metodene, spesielt de som krever håndtering, medfører indirekte kostnader gjennom dødelighet. Både sulting og appetittap etter behandlingen gir redusert tilvekst. Høye nivå av lus vil direkte redusere fiskens tilvekst og fôrutnyttelse, medføre høyere dødelighet samt øke andelen nedklassifisert fisk.

I denne studien har vi primært søkt å bedre kunnskapen om de direkte kostnadene ved ulike behandlingsmetoder. For hver av de studerte metodene er det laget enhetskostnadskalkyler per produsert eller behandlet kilo. For metoder som rensesk, laser og skjørt er det rimelig å fordele kostnaden på lokalitetens totale produksjon for ett utsett, mens behandlet mengde i større grad er kostnadsdriveren for metoder som eksempelvis termisk og ferskvann. En del av metodene er nylig kommet i bruk, og regnskapsdata er ikke, eller i svært liten grad, tilgjengelig. Kalkylene er derfor bygget på data om ressursbruk og priser fra intervju med oppdrettere og tjenesteleverandører samt ulike andre kilder.

Spørsmålene vi stilte i intervjuene med næringsaktørene ble tilpasset etter hvert som vår kunnskap om metoden ble bedre. I mange tilfeller var det vanskelig for informantene å svare på våre spørsmål, og i noen tilfeller kunne de belyse det aktuelle temaet fra ulike innfallsvinkler. Det var også stor variasjon i aktørenes svar på flere elementer. Dette reflekterer at aktørene har relativt liten erfaring med metodene. Vi hadde også begrenset med ressurser tilgjengelig til datainnsamling. Datamaterialet gir dermed ikke grunnlag for beregninger av gjennomsnitt som basis i kalkylen. Opplysningene er i stedet benyttet for å identifisere poster i kalkylen, og vi har subjektivt vektlagt ulike aktørers informasjon for å definere kostnadsdrivere og fordelingsgrunnlag for de ulike postene. For å ha et felles utgangspunkt har vi definert et modellanlegg med en gitt produksjon, fysiske forhold og biomasse ved behandling. Disse forholdene, samt variasjonen i aktørenes svar, gjør at det vil være betydelig usikkerhet og bare begrenset mulighet for å generalisere ut fra kalkyleresultatene. Disse bør heller tjene som utgangspunkt for diskusjon av metodene og mulige forbedringer.

Noen av metodene medfører økt dødelighet. Denne har vi inkludert som en alternativkostnad i kalkylene for de relevante metodene. Det er betydelig usikkerhet knyttet til denne viktige parameteren, da man har relativt lite erfaring med metodene, og prosedyrene er i en tidlig fase av læringskurven. Vi har derfor lagt samme dødelighet til grunn for kostnadsestimatet for alle behandlingsmetodene der dette er relevant. De samme metodene vil også medføre redusert tilvekst. Det er stor variasjon i oppdretternes oppfatning av sulting og appetittap med de ulike metodene. Vi har derfor ikke estimert disse kostnadene forbundet med enkeltmetoder, men gir en generell diskusjon av dette innledningsvis.

Samarbeid med Skottland

Prosjektet ble koordinert med tilsvarende prosjekt i Skottland. Erfaringsutvekslingen ble gjort ved å arrangere et lunsj til lunsj seminar. Seminaret ble arrangert 26 – 27 januar på Øvre Geving Gård, rett utenfor Trondheim (Vedlegg 1). Deltakere var fra Nofima sin prosjektgruppe (14 stk.), prosjektrepresentant fra VI (1 stk.), Universitetet i Sterling (6 stk.), MEDFRI styringsgruppen (4 stk.), FHF (1 stk.), helsekoordinator (1 stk.) og representanter fra industri i Norge (2 stk.), Færøyene (1 stk.) og Skottland (1 stk.). Erfaringer fra Skottland og Norge på medikamentfrie metoder ble utvekslet. Det ble også satt fokus på framtidige samarbeidsprosjekt.

Oversikt over arbeidspakker (AP):

Definering av arbeidspakker og oppnevning av AP ledere ble gjort i forbindelse med innsendelse av prosjektbeskrivelse til FHF. I revideringen av rapporten har inndelingen også blitt revidert (se kapittel 2. Innledning), men arbeidspakkene har bestått. Arbeidspakkeinndelingen nedenfor vil derfor se noe annerledes ut enn inndelingen i rapporten.

AP 0: Administrasjon: styrte prosjektet økonomisk og administrativt. Det ble avholdt møter og levert leveranser i henhold til plan (se avsnitt 6).

AP 1: Medikamentfri metode for avlusning med håndtering som ferskvannsbehandling i båt og i merd, behandling med temperert vann, og børsting og spyling.

AP 2: Rensefisk med fokus på oppdrettet berggyllt og rognkjeks.

AP 3: Medikamentfri metode for avlusning uten håndtering inkluderer metoder for å fjerne lusa etter påslag, som f.eks. laser, og for å hindre påslag, som f.eks. ultralyd, lukkede anlegg, luseskjørt, strømgjerder, nedsenkbar merd og snorkelmerd.

AP 4: Forebyggende resistens mot lakselus inkludert avl, tilsettinger av føringredienser og vaksinerings mot lus.

AP 5: Kombinasjonsmodeller for avlusning. Mange metoder brukes i dag i kombinasjon, det ble derfor gjort en vurdering på effektiviteten også av kombinert behandling.

Det finnes flere metoder for medikamentfri lusekontroll i Norge enn de som er beskrevet i dette prosjektet. Valg av metoder ble gjort på grunnlag av hvor langt metoden har kommet i utvikling, kommersialisering og bruk. Metoder der det finnes lite vitenskapelig eller erfaringsbasert dokumentasjon er derfor ikke inkludert (eller bare mer skjematisk omtalt) i denne rapporten.

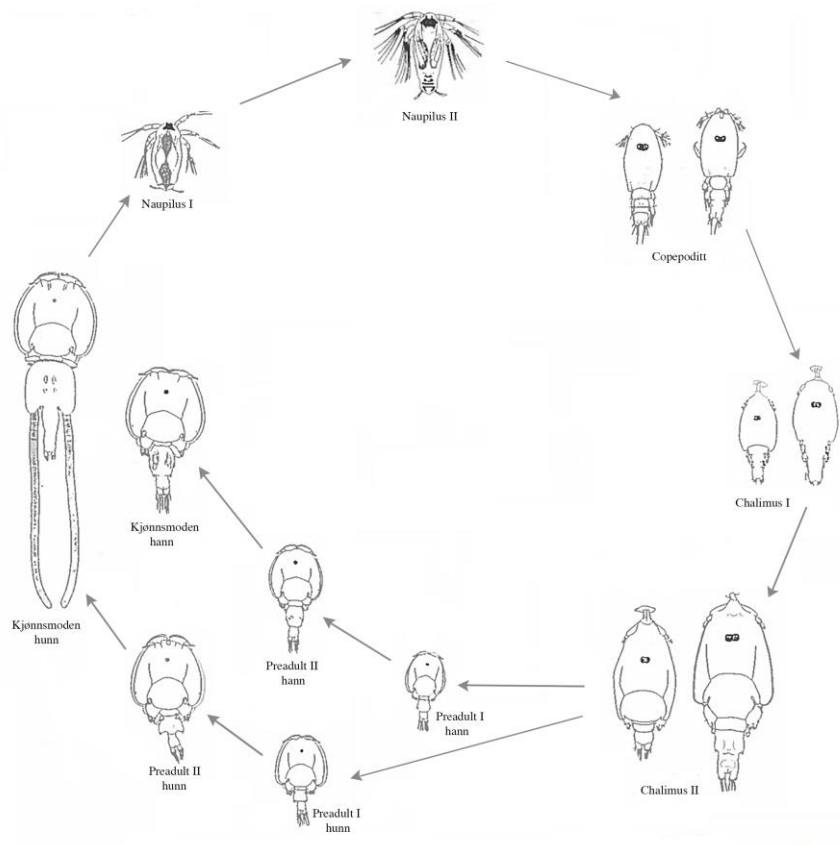
AP 6: Sammenstilling og sammenligningsstudie. I denne arbeidspakken ble funnene fra AP 1 – 5 sammenstilt og vurdert opp mot hverandre, og det ble lagd en oversikt (tabell) over kostnader i forhold til behandlingseffektiviteten (målt etter beste praksis) og eventuell miljøpåvirkning. Utarbeidelse av en protokoll for telling av lus inngikk også her. Vurderingen av metodene ble utført ved hjelp av en SWOT analyse (strength, weakness, opportunities, threats). Hver enkelt metode ble altså her vurdert med hensyn til styrker, svakheter, muligheter og trusler, og deretter sammenlignet med de andre metodene. Dette står nærmere beskrevet i kapittel 6.

5 Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll

Under følger først en beskrivelse av lakselusa og viktige faktorer ved telling av lus, deretter kommer våre vurderinger av de ulike metodene for lakseluskontroll. Hver behandlingsmetode ble vurdert som beskrevet under seksjon 4, punkt a) til f), mens punkt g), *Kortfattet veiledning om beste praksis*, er beskrevet i seksjon 6 «Handbok».

5.1 Lakselusa og viktige faktorer ved telling av lus

Lakselusens livssyklus består av 8 utviklingsstadier (Hamre et al., 2013): nauplius I og II, copepoditt, Chalimus I (tidligere I og II) og II (tidligere III og IV), pre-adult I og II og det voksne stadiet (adult) (Figur 1). De tre første er frittlevende, mens de fem siste er parasittiske. I de frittlevende stadiene søker lakselusa mot lys (positiv fototaksis), og finnes derfor i størst mengder nær vannoverflaten. I copepoditt-stadiet fester lusa seg på vertsfisken. Dette stadiet etterfølges av de immobile Chalimus-stadiene (Chalimus I og II) der de er festet til verten ved hjelp av en frontal filament. Sluttstadiene er de mobile pre-adult stadiene (pre-adult I og II), og det reproduktive voksne stadiet (Schram, 1993). Grensen for lakselus og tiltak for å sikre at mengden lakselus ikke overskrider denne grensen står beskrevet i *Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg* (FOR-2012-12-05-1140).



Figur 1 Livssyklus hos lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*). Figuren viser lakselusens livssyklus fra de frittlevende nauplius-larvene til kjønnsmoden, adult hunn- og hannlus (Hamre et al., 2013).

Pålitelige tall for antall lus på laks i merd er viktig for å sette inn tiltak mot lakselus på riktig tidspunkt. Lokale lys- og værforhold kan påvirke telleresultatene ved merdkanten vesentlig. Ved telling i

forbindelse med smittetester mot lus har Nofima funnet store forskjeller i gjennomsnitt antall lus per fisk, både mellom personer og dager. I et forsøk hvor lus på fisk fra samme merd ble talt i løpet av to dager ble det registrert i gjennomsnitt 10,0 fastsittende lus per fisk på en overskyet dag (23.09.2010), mens tilsvarende tall var 15,8 (dvs. 58 % flere lus) dagen etter da det var klar himmel og sol. Mellom de to personene (av totalt seks) som fant minst og mest lus var forskjellen i gjennomsnitt antall lus 8,6 lus den første dagen og 9,9 lus den andre dagen. Personen som fant færrest lus viste seg å ha dårlig fargesyn, noe som er enkelt å teste med en Ishihara Color Vision Test. Det er merkbart å se at tellerne søker mot godt dagslys (sol) når de har mulighet til det. Derfor vil det være forskjeller mellom rapportert og faktisk antall lus som kan skyldes tellernes syn og lysforholdene under tellingene.

I et FHF-prosjekt (FHF-901044) ble det undersøkt om lysforholdene under tellingene, spesielt om vinteren, kan forbedres ved kunstig lyssetting (Gjerde & Lein, 2016; Gjerde et al., 2016). Samme fisk ble talt på tre ulike måter: standard telling på båt ved merden uten kunstig lys, i en lyskasse med kunstig lys med to valgfrie bølgelengder og intensiteter, og under en lupelampe. Det ble ikke funnet noen systematiske forskjeller i gjennomsnitt antall lus per fisk mellom de tre tellemetodene. En mulig årsak til dette er trolig at det ble talt et lite antall fisk på hver av de tre lokalitetene (=3 merder/lokalitet x 20 fisk/merd/telling), og at forskjellen i den naturlige lysstyrken på en overskyet vinterdag (300-2000 lux) og lysstyrken fra et kunstig tilleggslys (4000-5000 lux) er relativ liten i forhold til den naturlige lysstyrken på en dag med skyfri himmel og sol (60 000-80 000 lux).

Ved telling av lus vinterstid kan lysforholdene være vesentlig dårligere enn de er på høsten, spesielt ved telling tidlig og sent på dagen. På den andre siden er det med de beste tilleggslys (maks. 4000-5000 lux) ikke mulig å oppnå tilnærmet så ideelle lysforhold som på en dag med sol fra skyfri himmel (60 000 - 80 000 lux; 1 lux=1 lumen/m²). Med kunstig tilleggslys må en derfor forvente å få vesentlig mindre enn 58 % økning i antall fastsittende lus per fisk i forhold til dagens standard metode med telling på båt ved merd på en overskyet vinterdag (300-2000 lux) uten tilleggslys. Det samme er nok også tilfelle for antall bevegelige lus, ettersom de i tidlige utviklingsstadier ikke er vesentlig større enn de fastsittende lusene. I tillegg kommer at det på mange lokaliteter i dag allerede blir brukt tilleggslys. Og ved telling av voksne hunnlus, som er vesentlig større enn de fastsittende og bevegelige lusene, må en anta at den positive effekten av tilleggslys er mindre enn ved telling av fastsittende og bevegelige lus. For manuell telling av fastsittende og bevegelige lus med et optimalt tilleggslys kan en derfor kanskje ikke forvente å finne mer enn 20-30 % flere lus enn ved telling uten tilleggslys. Og ved telling av voksne hunnlus, som er vesentlig større enn de fastsittende og bevegelige lusene, må en anta at den positive effekten av tilleggslys er mindre enn dette.

Teoretiske beregninger viser at for å kunne påvise 20-30 % sann økning i antall fastsittende og bevegelige lus med tilleggslys må en person telle 200-600 fisk avhengig av om fisken i gjennomsnitt har mange (om lag 2) eller få (om lag 0,5) lus.

I det nevnte FHF-prosjektet ble det funnet at en stor andel av lusa på fisken faller av fisken i bedøvelseskaret (i gjennomsnitt 75 % av skottelusen, 48 % av de bevegelige lusene og 26 % av de kjønnsmodne hunnlusene, men ingen fastsittende lus). Dette ble undersøkt ved å sile avløpsvannet fra bedøvelseskaret over en akvariehåv med maskevidde 1 mm. Mattilsynet og næringen har presisert at all gjenværende lus i bedøvelseskaret skal rapporteres. I veilederen «Telling av lus» på www.lusedata.no er det presisert at lus i bedøvelseskaret skal være med i beregningen av antall lus per fisk. Det er behov for standardiserte metoder for både bedøvelse av fisk og telling av lus. Der det

for eksempel brukes hvite bedøvelseskar for å gjøre det enkelt å telle lus som har falt av fisken under bedøvelse, og bedøvelseskarene må skrubbes mellom hver telling for å unngå at lus telles flere ganger.

I den nye luseforskriften som kom i mars 2017 (<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>) heter det at alle merder skal lusetelles hver uke. Det foreligger en ISO-standard for telling av lus på fisk som er lagt til grunn for denne forskriften (ISO16541:2015).

5.2 Medikamentfri metode for avlusning med håndtering (MFH)

Bruken av medikamentfrie metoder med håndtering (MFH) har økt kraftig de siste årene. I 2016 utgjorde MFH ca. 1/3 av alle registrerte avlusinger (Hjeltnes et al., 2017). Prinsippene for MFH varierer i stor grad. Det brukes oppvarmet sjøvann, spyling, spyling kombinert med børster og ferskvann som gir osmotisk stress for å fjerne lus. Felles for alle metodene er at de krever håndtering der fisken trenges, pumpes og behandles før den overføres tilbake til merd. For å få varig effekt må lusa samles opp og fjernes etter avlusning, ellers er det stor risiko for re-smitte (Gismervik et al., 2017a). Per dags dato finnes det lite dokumentasjon av de ulike metodene og deres effekt på avlusning og fiskevelferd. Enten så er dokumentasjonen helt fraværende for offentligheten, under vurdering slik som Hydrolicer, eller så er dokumentasjonen gjennomført i et tidlig stadium under selve utviklingsarbeidet som tilfeller er med Thermolicer, Optilice, ferskvannsbehandling og FLS avlusersystem (Grøntvedt et al., 2015b; Nilsen et al., 2010; Powell et al., 2015; Roth, 2016). Til tross for utstrakt bruk av MFH i industrien spriker erfaringene mye. En forklaring er at avlusingsenhetene har ulike løsninger og tilpasninger også innen samme behandlingsprinsipp. Men det er også store forskjeller mellom aktørene hvordan man arbeider med teknologien og hvordan avlusningseffekter og velferdspåvirkninger måles og systematiseres.

Gjennom samtaler med ulike bedrifter er det uavhengig av MFH noen generelle problemstillinger alle ønsker fokus på; valg av sultetider, trengningsmetode, kapasitet, pumpeteknologi, mekaniske skader gjennom behandlingsprosesser, langtidsvirkninger på fiskehelse i forhold til hyppighet av behandling og reell avlusningseffekt.

Påvirkning på fisken

På generelt grunnlag vet man at håndteringer gir økt risiko for skader og stresspåvirkning på fisk. I tillegg er det en velferdsrisiko knyttet til innovasjon, siden brukserfaringer av nytt utstyr vil være begrenset. Utprøvinger av ny avlusningsteknologi må oftest omsøkes, og det må dokumenteres at påvirkningen på fiskevelferd er innenfor det akseptable. Ofte er slik velferdsdokumentasjon laget i utviklingsfasen av utstyret hvor det skjer hurtige forbedringer og optimaliseringer. Ombygginger fortsetter også i bruksfasen av utstyret uten at dokumentasjonen oppdateres eller fornyes.

Generelt for MFH er at de krever trenging og pumping av fisk, noe som i selve utviklingsløpet ofte har blitt vurdert til å være en av de største utfordringene med tanke på fiskevelferden (Grøntvedt et al., 2015b; Roth, 2016). Utfordringer med pumper kan ofte løse seg, mens risiko knyttet til trenging vedvarer. I en spørreundersøkelse blant fiskehelsepersonell utført av Veterinærinstituttet, ble trenging rangert som det viktigste risikomomentet med mekanisk/termisk avlusning i 2016 (Hjeltnes et al., 2017). Under trenging er det en risiko for at fisken får skader som skjelltap og hudblødninger, eller at det blir for lite oksygen, eller at det oppstår ulike klemsituasjoner. Dette kan være stressende for laksen, noe som bekreftes gjennom at blodverdier av kortisol øker ved trenging (Erikson et al., 2016; Espmark et al., 2015).

Generelt tåles slikt håndteringsstress dårligst av svekket fisk, og det erfares dødelighetstopper hos fisk som er syk eller har underliggende sykdommer før avlusing. I forbindelse med termisk avlusing er det f.eks. observert at fisk diagnostisert med AGD og/eller gjelleirritasjon hadde svært høy dødelighet (Grøntvedt et al., 2015b). Fiskehelsepersonell har rangert fiskehelse før avlusing som et av de aller viktigste risikomomentene i forbindelse med mekanisk/termisk avlusing (Hjeltnes et al., 2017).

Vitenskapelig dokumentasjon er mangelfull når det gjelder gjentatte behandlinger og restitusjonstid for MFH. Generelt gjennomføres det flest avlusinger av laks som står andre året i sjø, og i 2016 rapporterte enkelte at det fra våravlusing til ut november i snitt ble behandlet mer enn åtte ganger pr. fiskegruppe (Hjeltnes et al., 2017). I forbindelse med behandling kan hyppige sulteperioder også bidra negativt til fiskevelferden, særlig dersom dette fører til nedsatt tilvekst og dermed forlenger produksjonstiden og behovet for lusebehandlinger ytterligere. Sammenliknet med medikamentell behandling ble mekanisk/termisk avlusing ansett som en større risiko for fiskevelferden i 2016, noe som blant annet skyldes mekaniske skader og betydelig dødelighet (Hjeltnes et al., 2017). Vitenskapelig dokumentasjon av fiskevelferd for rensefisk ved bruk av MFH er svært mangelfull.

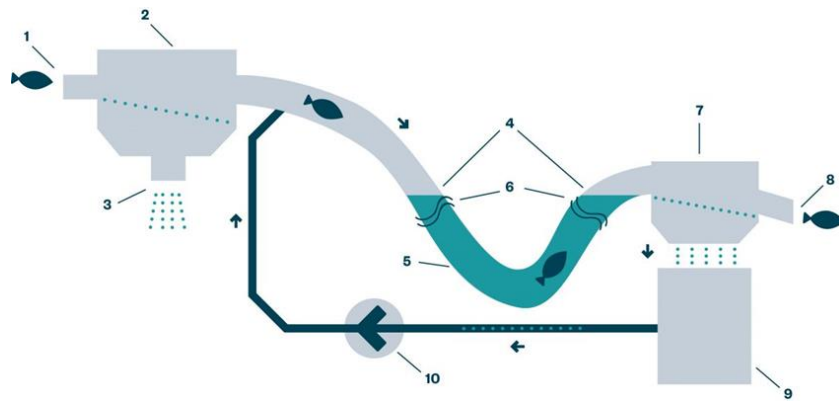
Mattilsynet har presisert at ansvarlig fiskehelsebiolog/veterinær før en avlusing skal foreta en vurdering basert på sykdomsstatus, behandlingshistorikk, miljøforhold, skinnhelse osv., om det er fiskevelferdsmessig forsvarlig å gjennomføre avlusingen (Mattilsynet, 2016). Det er også presisert at dødelighet over 0,2 % i en merd etter avlusing eller annen håndtering er meldepliktig etter Akvakulturdriftsforskriften § 13. Mattilsynet mottok 400 slike meldinger i 2016 (Hjeltnes et al., 2017). Det er fortsatt meldepliktig til Mattilsynet også ved hendelser av velferdsmessig betydning som ikke gir økt dødelighet.

5.2.1 Termisk

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Termisk avlusing er en avlusingsmetode hvor laks eksponeres for sjøvann på 28-34 °C i ca. 20-30 sekunder om bord i et fartøy eller i en flåte. Selve avlusningsmekanismen foregår ved at bevegelig lus varmes raskt opp, slik at musklene lammes og lusa mister evnen til å suge seg fast til hudoverflaten (dermis), og faller av. Eksponeringen er såpass kort at fisken ikke vil varmes opp, slik at den termiske effekten virker primært på lus.

Det finnes i dag to kommersielle metoder for termisk avlusing, Optilice (Roth, 2016) og Thermolicer (Grøntvedt et al., 2015b) produsert av henholdsvis Optimar og Steinsviksgruppen. Thermolicer benytter i utgangspunktet et gjennomstrømningssystem, hvor fisk pumpes, avsiles og føres gjennom et rør med oppvarmet sjøvann før ny avsiling og tilbakeføring til merd. Optilice bruker et åpent bad med temperert sjøvann, hvor fisk pumpes, avsiles, føres gjennom varmebadet med skovlehjul, før avsiling og tilbakeføring til sjø. Felles for de to metodene med termisk avlusing er at de begge har stor behandlingsskapasitet (80 - 100 tonn/t pr linje). Utstyr står montert ombord på servicefartøy, lekter og brønnbåt. For at systemene skal tilpasses ulike fartøy finnes det variasjon i sammensetningen av ulike utstørs komponenter som pumper, rørløsninger og avsilingskasser.



Figur 2 Øverst: Optilicer (Foto: Bjørn Roth); Nederst: grafisk framstilling av Thermolicer (Steinsvik).

Effektiviteten av behandlingen

Metodene har kun effekt på bevegelig lus (Grøntvedt et al., 2015b; Roth, 2016), og ikke på fastsittende. Avlusningseffekt opp mot 94-98 % på bevegelige og kjønnsmodne lus er rapportert (Roth, 2016). Tilsvarende effekter har blitt observert på skottelus, men med noe lavere prosentvis reduksjon (Roth, 2016). Grøntvedt et. al rapporterte avlusningseffekt fra 75 til opptil 100 % for bevegelige lus. Effekten er avhengig av temperaturdifferansen mellom sjø og behandlingstemperatur. Om vinteren oppnås god effekt under 30 °C (Roth, 2016), mens om sommeren brukes temperaturer rundt 34 °C (Grøntvedt et al., 2015b; Roth, 2016), eller høyere som fremkommet under erfaringsinnhenting. Studier fra Roth (2016) viser at temperaturdifferansen sannsynligvis har større effekt enn behandlingstid. Det finnes ingen studier som kartlegger lakselusens termiske toleransegrenser, hverken for bevegelige eller fastsittende individer. Metoden medfører heller ikke akutt dødelighet på hverken skottelus eller lakselus.

Påvirkning på fisken

Fisk reagerer med fluktnespons når den blir eksponert for temperert vann, hvor responsen øker i takt med temperaturøkningen (Roth, 2016). Imidlertid viser resultater med måling av blod laktat og pO₂ at varigheten for eksponeringen er såpass kort at responsen i selve behandlingsskaret lett blir overskygget

av at fisken trenges og pumpes (Roth, 2016). Imidlertid vil en kort eksponering av temperert vann ikke være tilstrekkelig for å varme opp fisken og forstyrre den fysiologiske balansen (Roth, 2016), men representere en potensiell skade til ytre vev som gjelleepitel, cornea og dermis. Histologiske undersøkelser viser at eksponering av lunkent vann ikke skader gjelleepitel eller medfører denaturering og blakking av cornea (Grøntvedt et al., 2015b; Roth, 2016). I følge Roth (2016) beholder fisken et godt slimlag etter termisk behandling uten at dette kunne kvantifiseres.

I utviklingsløpet av Thermolicer ble det målt signifikant økning i gjelleblekhet, snuteskader, skjelltap, finneskader samt noe økt dødelighet på noen av lokalitetene (Grøntvedt et al., 2015a). Resultatene fra den siste og mest optimaliserte gjennomkjøringen som ble gjort med regnbueørret, viste imidlertid ingen signifikante akutte skader. Det ble pekt på viktigheten av å sikre god vannutskifting / ha god overvåking av vannkvaliteten i behandlingskammeret, da fritt ammonium ble beregnet som høyt i en stikkprøve fra en lokalitet. Roth (2016) undersøkte Optilicer som benytter skovlhjul til å føre fisken gjennom et vannbad på 28-34 °C (temperatur avhenger av sesong) i 20-30 sekunder. I utviklingsløpet var det utfordringer i forhold til fysiske skader både gjennom pumping og avsiling, noe som også ga dødelighet. Konklusjonen etter utbedringer var imidlertid at akkumulert dødelighet kan være under 0,5 % over en 30 dagers periode under optimale forhold. Felles for metodene er at observerte skadeeffekter oftest er relatert til den mekaniske delen av behandlingen. Dette kan være klem- og pumpeskader, slag, risp og sår som følge av bendspisse kanter og møte med metall under behandling. Imidlertid erfares det også akutt dødelighet, særlig hos svekket fisk som ikke tåler stressbelastningen (Grøntvedt et al., 2015b). Under erfaringsinnhenting ble det også rapportert til dels høy akutt dødelighet uten annen forklaring enn generelt håndteringsstress.

Økonomi

Det er levert et relativt betydelig antall maskiner som fjerner lus ved å utsette fisk og lus for oppvarmet vann. Disse har også behandlet en relativt stor mengde fisk, slik at næringsaktørene begynner å få god informasjon om virkning og driftskostnader. Som grunnlag for våre kostnadsestimater har vi intervjuet sju aktører. En av disse leide ut rigger for avlusning, mens de resterende var oppdrettere som disponerte utstyr selv. Noen av disse hadde også solgt avlusningstjenester til andre oppdrettere. Respondentene har ikke primært blitt spurt direkte om kostnader, men om opplysninger som kan anvendes i en kalkyle for enhetskostnader. Aktørene har i varierende grad kunnet gi opplysninger om momentene vi ønsket belyst, slik at vi ikke har opplysninger fra alle om alle momenter, men har måttet gjøre anslag basert på intervjuene og våre subjektive vurderinger. Vi har valgt å benytte opplysningene til å sette opp en kalkyle for en full lokalitetsbehandling av 4.000 tonn fisk. Respondentenes informasjon er benyttet til identifikasjon av kostnadsposter, -drivere og -parametere, men kalkylen er i betydelig grad basert på våre subjektive vurderinger.

Den direkte ressursbruken for operasjonen er primært knyttet til bruken av avlusningslinjen og plattformen denne trenger, bruk av servicefartøy og arbeidskraft. I tillegg påløper det direkte kostnader til energibruk og vedlikehold. Det vil også påløpe mer indirekte kostnader til vedlikehold av utstyret og administrasjon. Disse har vi i liten grad opplysninger om. Til slutt vil vi generelt beskrive kostnader knyttet til behandlingsdødelighet og tapt tilvekst.

Investeringene er knyttet til selve maskinen, montering og utstyr og en driftsplattform, gjerne en lekter eller en båt. Basert på tilbakemeldinger fra aktørene anslår vi investeringen per linje til 30 millioner kroner. En lekter med plass til montering av to slike linjer og fasiliteter for mannskapet krever investeringer på om lag 30 millioner kroner. Vi har antatt at det benyttes en rigg med to linjer, slik at

totale investeringer er 90 millioner kroner. Det er relativt liten variasjon i informantenes vurderinger av disse. Kostnaden knyttet til investeringen er avhengig av levetid, behandlingskapasitet per år og kapitalbindingskostnad. Levetiden på maskinen er svært usikker. Det foregår en rask teknologisk utvikling på området, og maskinene vil trolig være økonomisk foreldet relativt tidlig. Det må også påregnes oppgraderingskostnader etter hvert som konseptet forbedres. Blant aktørene vi intervjuet ble det trukket frem både 2 og 3-4 år forventet levetid. I kalkylen legger vi 4 års levetid til grunn. For lekteren antar vi 15 års levetid. Kapitalkostnadene vil være lineært avhengig av levetiden og investeringskostnadene. Alternativkostnaden for kapitalen som bindes i riggen har vi anslått til 7 % årlig.

Fordelingsgrunnlaget for kapitalkostnadene vil være den årlige behandlingskapasiteten, som blir sentral for enhetskostnadsestimatet. Her er det også betydelig usikkerhet, da aktørene har begrenset erfaring med utstyret, samt at kapasiteten påvirkes av en rekke momenter som eksempelvis fiskestørrelse, vær, antall merder som skal behandles per lokalitet og etterspørselen. Mens man ofte har gode data på kapasiteten ved full drift er det vanskeligere å bestemme effekten av de øvrige variablene. Når det gjelder praktisk kapasitet under behandling var det noe forskjell mellom aktørenes erfaringer. Disse rapporterte om en praktisk utnyttelse på 20, 30, 40 og 50 tonn fisk per time og linje. Tre av aktørene vi intervjuet hadde gode data på utnyttelse over relativt lang tid. Basert på disse har vi subjektivt forutsatt en normal behandlingskapasitet til 150.000 tonn/år ved to linjer og døgnbasert drift. Disse forutsetningene innebærer årlige avskrivninger på 0,10 kr/kg behandlet og kapitalbindingskostnad på 0,04 kr/kg.

Operasjonen krever nothåndtering til trenging av fisken. Til dette svarer de fleste respondentene at det benyttes to servicefartøy, noe vi også forutsetter i vår modell. Kostnaden har vi anslått til 15.000 kr/døgn per fartøy uten mannskap. Vi har antatt at avlusningen av lokaliteten tar 5 døgn. Kostnaden til servicefartøyene blir med disse forutsetningene 0,04 kr/ behandlet kg.

Avlusning med termisk behandling krever betydelig arbeidskraft. Aktørene oppgir noe varierende arbeidsbehov og det er usikkerhet i tolkningen av svarene, da det kan være både skiftarbeid og utskiftningsmannskaper involvert. En respondent trakk frem at 20 personer er involvert, en annen opplyste om 4 personer på plattform, 3 på følgebåt og 4 fra anlegget, en tredje 3-4 personer for å drive maskinen og 3-4 mann på to servicefartøy. Vi har primært basert våre anslag på informasjon fra aktørene som kunne gi informasjon rundt kapasitet og mannskapsbehov over lengre tids drift, selv om det også er variasjon og usikkerhet knyttet til disse. I vår modell har vi forutsatt at det kreves 7 personer i skift og i 1:1 ordning, slik at det kreves 28 ansatte ved full drift. Vi har anslått en beskjefligelse tilsvarende 8 måneders full drift per år, og har lagt til grunn en t årsverkskostnad på 750.000 kr. I gjennomsnitt per behandlet kg (150.000 tonn) tilsvarer dette en kostnad på 0,11 kr/ behandlet kg.

Drift av fartøyene og riggen krever drivstoff. Ingen av aktørene kunne gi direkte informasjon om drivstofforbruk, men noen hadde anslag på effektforbruket under behandling, som vil utgjøre en vesentlig del av forbruket. En trakk frem 750 kW ved drift på 70 tonn/time, tilsvarende 10,7 kWh/tonn. En annen nevnte 6-700 kW i gjennomsnitt ved avlusning av 1.000 tonn på ett døgn. Om vi antar avlusning pågår 18 timer per døgn, tilsvarer dette 10,8 kWh/tonn, som er rimelig samstemt med første informants opplysninger. Vi bruker gjennomsnittet av disse i vår kostnadsmodell. Med en antatt kostnad på 3 kr/kWh ved generatorproduksjon av strøm tilsvarer dette 0,032 kr/behandlet kg. I tillegg kommer det generelle forbruket, servicebåtenes forbruk under behandling og forbruket knyttet til flytting mellom merder og mellom anlegg. Disse har vi dessverre ikke gode estimater for. En av

aktørene trakk frem et anslag på drivstofforbruk for servicefartøy på 10-15 kbm/mnd. per fartøy, mot normalt 7 kbm/mnd for ordinære servicefartøy, men presiserte at dette var svært usikre estimater. Dersom vi tar utgangspunkt i det laveste estimatet og antar drift av riggen i 8 måneder og avlusning av 150.000 tonn tilsvarer dette om lag 0,005 kr/kg avluset. Totalt blir da drivstoffkostnadene om lag 0,4 kr/kg. I tillegg trakk en informant frem at enkelte rigger er utstyrt med store aggregater for å kunne øke vannutskiftningen.

Vi har dessverre lite opplysninger om vedlikeholdsbehov til å gi rimelige anslag på disse kostnadene. En av informantene trakk frem en årlig slippsetting til om lag 1,5 millioner kr. En annen opererte med totale kostnader til drivstoff, vedlikehold og havneavgifter på 1,5 millioner kr/mnd.

Dødelighet representerer en viktig alternativkostnad for enkeltoppdrettere. Dette både i form av mengden fisk som dør og tapt tilvekst fra denne biomassen. Det er dessverre relativt begrensede data tilgjengelig for de ulike lusebehandlingsmetodene, slik at vi har benyttet samme dødelighet i alle kostnadskalkylene der dette er relevant. Den faktiske enhetskostnaden vil være lineært avhengig av den faktisk realiserte dødeligheten. Enkelte av våre informanter har påpekt at dødeligheten i snitt nok er høyere ved termisk behandling enn andre mekaniske, på grunn av flere «incidents». Luseproblematikken kan også redusere de realiserte salgprisene gjennom kortsiktig økt tilbud som følge av forsert slakting, slakting av fisk med lavere gjennomsnittsvekt og økt andel nedklassifisert fisk. Samtidig vil det reduserte tilbudet fra næringen sett under ett medføre økte salg priser. Disse effektene har vi ikke gjort anslag for.

Når det gjelder dødelighet forbundet med termisk behandling er det en viss variasjon i tilbakemeldingen fra aktørene som hadde og delte informasjon om dette. Tre hevdet å ha erfart om lag 0,5 % tilleggsdødelighet, mens en annen hadde opplevd om lag 1,3-1,5 %. Dødeligheten påvirkes betydelig av helsestatus på fisken. Storskalaforsøk der Nofima har vært involvert viser at pumpevalg og relativt små tekniske endringer kan ha stor betydning for dødeligheten (Roth 2016). Enkelte av våre informanter mener at det meste av dødeligheten nå er knyttet til håndtering. Ved god håndtering og frisk fisk kan dødeligheten være så lav som 0,02 til 0,2 %. I kalkylen legger vi til grunn en tilleggsdødelighet på 0,5 % av behandlet biomasse og verdsetter denne til 50 kr/kg. Alternativkostnaden knyttet til dette blir 0,25 kr/behandlet kg. Vi har da ikke tatt hensyn til potensiell tapt tilvekst hos fisken som dør. Dette vil også være relevant kostnad for enkeltoppdrettere, og vil variere med når behandlingen finner sted.

Behandlingen av fisken krever sulting i forkant og gir redusert appetitt en periode etter behandling. Fra oppdretterne varierte anslagene på både sultetid og appetitttap. Sulting vil primært avhenge av sjøtemperatur, men er gjerne 3-4 døgn, og inntil en uke på vinteren. Når det gjelder appetitt etter behandling hevdet en av informantene at de opplevde god appetitt raskt etter behandling, en annen god appetitt dagen etter behandling, tredje respondent anslo 50 % redusert utføring i en uke og fjerde anslo 4 dager tap. Det er med andre ord svært varierende erfaringer knyttet til dette. Vi har generelt illustrert den økonomiske betydningen av tapte fôringsdøgn nedenfor, og gjør ikke anslag for de enkelte behandlingsmetodene.

Kostnadsestimatene basert på disse forutsetningene er oppsummert i Tabell 1. Vi gjør oppmerksom på at enhetskostnaden her er per kg behandlet fisk.

Tabell 1 Modellerte enhetskostnader termisk behandling, kr/kg behandlet fisk for en full lokalitetsbehandling av 4.000 tonn relativt stor fisk.

	Modellert enhetskostnad	Forutsetninger
Avskrivninger	0,10	2 stk, 30 mill kr/stk, 4 år
Alternativkostnad kapital	0,04	7,5%
Servicefartøy	0,04	2 stk, 15.000 kr/døgn
Arbeidskraft	0,11	21 årsverk for 150.000 tonn
Drivstoff avlusning	0,04	10,8 kWh/tonn, 3 kr/kWh, 10 tonn/mnd servicefartøy
Vedlikehold	Ikke estimert	
Dødelighet	0,25	0,5% dødelighet, 50 kr/kg
Annet	Ikke estimert	
Sum estimerte poster	0,57	

Generelt om tappt tilvekst

Behandling av fisken krever sulting i forkant, og fører oftest til noe redusert appetitt en periode etter behandling. Når alt annet er likt betyr dette at fisken vil måtte slaktes på en lavere vekt. Noe av den tapte fôringen kan tas igjen gjennom kompensasjonsvekst hos fisken. Ut over dette er tilbakemeldingene fra informantene at de generelt har små muligheter til å gjøre produksjonstilpasninger som økt produksjonstid for å motvirke veksttapet. Dette vil bety at tapte fôringsdøgn gir redusert produksjon. For en enkeltoppdretter representerer dette store kostnader i form av tappt dekningsbidrag i produksjonen. I en analyse av månedlige data for norske lakselokaliteter fant Abolfia et al. (2014) signifikant negativ sammenheng mellom lusenivå og biomassevekst. Lokalteter kunne ha mellom 3 og 15 % reduksjon i tilveksten på grunnlag av lus. Det er rimelig å anta at en betydelig del av dette er knyttet til dødelighet og tappt fôringstid i forbindelse med behandling mot lus.

For å illustrere betydningen av tapte fôringsdøgn har vi tatt utgangspunkt i en svært forenklet produksjonsmodell med et likt antall smolt satt ut på vår og høst og en gitt vektutvikling for disse utsettene. Vi har funnet utsettmenngden som maksimerer dekningsbidraget, gitt en begrenset MTB. Vi har gjort dette for henholdsvis ingen og sju dager uten fôring fra fisken er om lag 3,8 kg. Basert på Mørkøre (2008) vil denne fisken miste om lag 150 gram vekt ved 12 graders sjøtemperatur. Uten sulteperioden forutsetter vi fisken ville blitt om lag 5,1 kg ved slakting. Vi antar en kompensasjonsvekst som resulterer i en redusert slaktevekt på om lag 170 gram/fisk. I modellen kompenseres den reduserte biomassen med å sette ut flere smolt, slik at man fortsatt har full utnyttelse av MTB. Med en salgspris på 50 kr/kg, fôrfaktor 1,1 og fôrpris 12 kr/kg tilsvarer dette et redusert dekningsbidrag på 1,05 kr/kg solgt fisk. Vi ser at med høyt dekningsbidrag per kg blir det økonomiske tapet for den enkelte oppdretter av redusert produksjon svært stort. Dersom oppdretterne kan utsette slaktingen, kan tapet reduseres. Vi gjentar at man ikke kan benytte tilsvarende resonnement for næringen under ett, da salgsprisen ville påvirkes negativt av økt mengde.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

I Veterinærinstituttets spørreundersøkelse blant fiskehelsepersonell ble det pekt på akutt dødelighet i forbindelse med termisk avlusning i 2016 (Hjeltnes et al., 2017). Hva som er årsaken til høy akutt dødelighet er det ikke fullstendig oversikt over. Hos frisk fisk viser tidligere undersøkelser at høy akutt dødelighet kunne forklares utfra operasjonelle prosedyrer (pumpe, slag, teknisk svikt, etc.). Imidlertid har en lite kjennskap til hva som er problematisk ved bruk av oppvarmet vann, og det er manglende

kjennskap til fiskens eller lusens temperatortoleranse. I dag har en ikke kjennskap til laksens grenseverdier for høye sjøtemperaturer utover hva som er beskrevet av Roth (2016) og Grøndtvedt et al. (2015b). En kjenner ikke effekten av å eksponere laks for vintertemperaturer ned mot 2 grader før overføring til oppvarmet vann over 34 °C, og heller ikke hvilke langsiktige konsekvenser dette har. Temperatur og avlusningseffekt justeres ofte på lokalitet basert på sanntidsmålinger, hvor en fristes til å øke temperaturen relativt mye for å oppnå maksimal effekt. Under selve avlusningen vil et kritisk moment være å ha god temperaturstyring, og å tillegge velferden like stor vekt som avlusningseffekten. Ved gjentatt behandling bør det være en rotasjon der ulike avlusningsprinsipper benyttes, dette for å forebygge at lusen øker sin toleranse for termisk avlusning.

Undersøkelser av konsekvenser for fiskevelferd mangler for gjentatte behandlinger, noe en bør ha større fokus på med tanke på stressbelastning, utvikling av sår og infeksjoner og forhøyet dødelighet over tid. Velferden for rensefisk ved bruk av termisk avlusning er ikke dokumentert

Beste praksis

- Desinfeksjon av utstyr mellom lokaliteter. Påvises sykdom i enkeltmerd bør en desinfisere mellom merder på lokalitet.
- Fiskehelsepersonell må foreta en vurdering av fiskehelse og forsvarlighet ved behandling før avlusning.
- Det er vesentlig å sikre avkast i merd som står i forhold til mengden til behandling. Dette for å sikre at fisken får kortest mulig trengetid. Adferd bør overvåkes kontinuerlig for å unngå for hard trenging, og det bør systematisk nedtegnes forhold ved trengingen som har betydning for fiskevelferden inkludert trengetid. Det finnes et skåringssystem for trenging basert på adferd i overflaten, der rolig svømmeadferd og ingen hvite sider er målet, og noen få synlige ryggfinner kan aksepteres (Mejdell et al., 2009).
- Overvåking av pO₂ nivåer i merd. Oksygenering om nødvendig.
- Ved bruk av vakuump- eller impellerpumper, sikre at trykk og hastighet står i forhold til løftehøyde og fiskestørrelse.
- Sikre god vannutskifting i behandlingskammer underveis, og sørg for at vann ikke blir stående fra forrige dag.
- Under drift, overvåking av vannparametere som temperatur og pO₂
- Online målinger av avlusningseffekt for å sikre riktig temperatur mht. årstid.
- Overvåking av fisk etter behandling for iverksettelse av stopp prosedyrer med tanke på fiskevelferd.
- Kameraovervåking i merden fisken pumpes til kan være med på å avdekke unormal adferd og eventuell dødelighet så tidlig som mulig.
- Hver enkelt avlusingsenhet bør ha en angivelse av størrelse på fisken som kan behandles.

5.2.2 Mekanisk

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

I dag finnes det i hovedsak to prinsipper for mekanisk fjerning av lus som har gitt opphav til tre kommersielle metoder; SkaMik, FLS-avlusersystem og Hydrolicer. I SkaMik pumpes fisken ombord på fartøy og avsiles før den går gjennom et spylekammer. Deretter føres fisken gjennom et børstekammer med roterende børster før den returnerer til merd. Kapasiteten er satt opp til 40-80 tonn/t avhengig av fiskestørrelse. Flatsetsund Engineering AS (forkortet FLS) er utviklerne bak FLS-avlusersystem som benytter trykkspyling/injektorer i sjøvann. System har vært i drift og utvikling allerede så tidlig som i 2010 (Nilsen et al., 2010), men det er fortsatt i utbedring og optimalisering (Gismervik et al., 2017a). FLS er et lukket system som bruker injektorpumper, hvor fisken blir pumpet gjennom et

avlusingsystem med to lavtrykksavlusere (0,2 – 0,8 bar) før fisken avsiles og føres tilbake til merd. Total behandlingstid er ca. 10 sekunder, hvor selve avlusingsprosedyren varer noen sekunder. Metoden er prøvd på stor stamfisk, men ikke dokumentert vitenskapelig. Når det gjelder matfisk anbefaler Gismervik et. al (2017) at pilotflåten «Enabler One» bør ha en øvre størrelsesbegrensning. Lokal fiskehelsetjeneste har anbefalt størrelse opp til ca. 3,7 kg dersom fisken er godt sortert og har jevn størrelse. Kapasiteten til FLS er satt til 20-50 tonn/t per linje (matfisk), og det finnes flåter med fire linjer montert (Gismervik et. al 2017). Siste kommersielle metode, Hydrolicer, bruker i likhet med FLS injektorer for å spyle av lus, men her utnyttes forskjellige retninger og turbulens. Hver linje med Hydrolicer har en kapasitet satt til 25-40 tonn/t. I motsetning til FLS, bruker Hydrolicer impeller-pumper.

For Hydrolicer og SkaMik finnes det ingen tilgjengelig eller etterprøvbart dokumentasjon. Hydrolicer er under vurdering av Sintef i FHF-prosjektet «Utredning av fiskevelferd ved bruk av Hydrolicer» med sluttdato 01.05.17. Vi har mottatt informasjon om at dokumentasjon av Hydrolicer er sendt til og behandlet av Mattilsynet, men velferdsdokumentasjonen som er grunnlaget for Mattilsynet sin saksbehandling er, så langt vi kjenner til, ikke offentlig tilgjengelig. Disse vil derfor ikke kunne vurderes mht. risikofaktorer annet enn hva som fremkommer i annen offentlig informasjon.

Effektiviteten av behandlingen

Tidligere studier av Nilsen et al. (2010) viser at FLS hadde 57-68 % avlusningseffekt på kjønnsmodne og pre-adulte lusestadier. Imidlertid har metoden blitt forbedret gjennom årenes løp, og ny dokumentasjon viser en avlusningseffekt på 81-100 % for bevegelige lus og 76-91 % for kjønnsmodne hunnlus, (Gismervik et. al. 2017). Reduksjonseffekten for fastsittende lus kunne ikke fastslås pga. lave lusetall, og det er ingen tilgjengelig vitenskapelig dokumentasjon på avlusningseffekt av fastsittende lus. Nyere dokumentasjon for høsten 2016, gitt fra et fartøy, viser at av 5902 tonn laks behandlet med FLS ble det oppnådd gjennomsnittlig reduksjon av kjønnsmoden lus på 90,3 %. Imidlertid vises det også til en reduksjon av fast sittende lus på 50-75 %. Fastsittende lus er generelt små og vanskelige å telle, og det kan slik være store feilmarginer i visuell registrering. Det må i tillegg tas hensyn til om utgangsnivået er stort nok for å kunne fastsette en reduksjonseffekt (Gismervik et. al, 2017). Antall bevegelige lus var tilbake til utgangsnivået fra 1-3 uker etter behandling. Re-smitte kan ha være en medvirkende årsak, da oppsamlingssystemet for lus ble vurdert til å ikke være optimalt på utprøvingstidspunktet (Gismervik et. al 2017). Det oppleves imidlertid at re-smitte ikke er en unik problemstilling for FLS-avlusersystem.

Påvirkning på fisken

Nilsen et al. (2010) undersøkte en tidlig versjon av FLS teknologien og fant ingen større fiskevelferdsmessige konsekvenser. Gismervik et. al (2017) undersøkte flåten «Enabler One», hvor teknologien er videreutviklet og effektivisert i forhold til avlusningseffekt og kapasitet. Her ble det funnet at avlusersystemet hadde varierende effekt på fiskevelferden. Det ble påvist en økning i gjelleblødning og skjelltap på alle tre undersøkte lokaliteter. På den ene lokaliteten ble for hard trenging vurdert å ha medvirket til en markant økning i alvorlig skjelltap (score 3 økte 36 %) behandlingsdagen. Tross skjelltap, fikk laks rundt 2 kg behandlet på sommerhalvåret ingen alvorlig sårutviklinger i etterkant av behandlingen. Akkumulert dødelighet tre uker etter behandling var på 0,52 % og 0,37 %, og det ble ikke registrert noen dramatisk akutt dødelighet. For den store fisken med snittvekt 4,6 kg behandlet i desember ble dødeligheten vurdert å være for høy, hvorpå gjelleblødninger ble registrert på fisk over 5 kg som døde. Akkumulert dødelighet tre uker etter behandling var ca. 2 %. Det ble også påvist en viss grad av sårutvikling to uker etter behandling. En medvirkende årsak kan ha

vært synkende vanntemperaturer ned til ca. 8 °C. Gismervik et. al (2017) konkluderte med at forutsetninger for at fiskevelferden skal holde seg innenfor det akseptable er at hele logistikken fra trenging til avsiling fungerer, riktig innstilling av spyletrykk, laksen er frisk med god skinn- og gjellehelse og at det innføres en øvre størrelsesbegrensning (3,7 kg blir foreslått av fiskehelsetjenesten forutsatt sortert fisk med jevn størrelse). Effekter av gjentatt behandling samt velferd for rensefisk er ikke dokumentert. Hos laks kan akkumulerte skader være en risiko ved for hyppige avlusinger.

I Veterinærinstituttets spørreundersøkelse blant fiskehelsepersonell kom vannspyling kombinert med børster erfaringsmessig dårligst ut i 2016 på mange av parameterne (skjelltap, hudblødninger/rødbuk, sår, finneskader og økt forsinket dødelighet). Skjelltap erfares også ved de to andre teknologiene som benytter vannspyling uten børster. Generelt kan temperatur være avgjørende i forhold til om mindre sårskader gror uproblematisk eller utvikler seg til sårproblematikker kjent som blant annet vintersår. Det er oppgitt fra FLS at nyere FLS-avlusingfartøy enn «Enabler One» kan avluse også større fisk, men det finnes ikke vitenskapelig dokumentasjon tilgjengelig på dette per dags dato. FLS har oppgitt at de høsten 2016 avluset laks med gjennomsnittlig vekt fra 1 - 9 kg, med forøket akkumulert dødelighet mellom 0,01-0,33 %, med et snitt på 0,26 %, over en 14 dagers periode etter behandling.

Økonomi

Flere firma tilbyr fjerning av lus med spyling og undertrykk som tjeneste, mens andre har investert i eget utstyr som benyttes på egne lokaliteter. Det benyttes også et konsept med basis i børsting. Sistnevnte har vi ikke gjort kostnadsanslag for, av kapasitetshensyn. Som grunnlag for estimatene har vi intervjuet sju aktører. Tre av disse var aktører som leide ut rigger for avlusning, mens fire var oppdrettere som disponerte utstyret selv. Respondentene har i varierende grad kunnet gi opplysninger om momentene vi ønsket belyst. Da metodene er relativt sammenlignbare med hensyn på innsatsfaktorbruk, samt at det er betydelig usikkerhet knyttet til viktige parametere, har vi valgt å behandle disse under ett. Det er også en viss variasjon i respondentenes svar og hvordan de har vært i stand til å belyse de ulike tema. Dette betyr at data ikke muliggjør bruk av gjennomsnitt for å estimere kostnadene. Vi har valgt å benytte opplysningene til å sette opp en økonomisk modell av en full lokalitetsbehandling med 4.000 tonn fisk. Respondentenes informasjon er benyttet til identifikasjon av kostnadsposter, -drivere og -parametere, men kalkylen er i betydelig grad basert på våre subjektive vurderinger.

Den direkte ressursbruken for operasjonen er primært knyttet til bruken av maskinen og plattformen denne trenger, bruk av servicefartøy og arbeidskraft. I tillegg påløper det direkte kostnader til energibruk og vedlikehold. Det vil dessuten være mer indirekte kostnader til vedlikehold av utstyret og administrasjon. Disse har vi i svært liten grad opplysninger om. Til slutt vil vi belyse kostnader til behandlingsdødelighet. For diskusjon av tapt tilvekst vises det til den generelle omtalen under termisk avlusing.

Vi har antatt at det benyttes en rigg med tre avlusningslinjer. Investeringene per linje har vi forutsatt er 5,5 millioner kr. I tillegg har vi antatt at det benyttes en lekter til 30 millioner kr som plattform for utstyret. Det er relativt liten variasjon i informantenes anslag på disse. Kostnaden knyttet til dette er avhengig av levetid, behandlingsskapasitet per år og kapitalbindingskostnad. Den økonomiske levetiden er svært vanskelig å estimere i slike tilfeller der den tekniske utviklingen er rask. Vi har forutsatt 4 år i vår modell. Informantenes anslag varierer mellom 2 år og 3-5 år. For lekteren antar vi 15 års levetid. Kapitalkostnadene vil være lineært avhengig av levetiden og investeringskostnadene. Alternativkostnaden for kapitalen som bindes i riggen har vi anslått til 7 % årlig.

Fordelingsgrunnlaget for kapitalkostnadene vil være den årlige behandlingskapasiteten. Denne blir dermed svært sentral for enhetskostnadsestimatet. Her er det også betydelig usikkerhet, da aktørene har begrenset erfaring med utstyret, samt at kapasiteten påvirkes av en rekke momenter som eksempelvis fiskestørrelse, vær, antall merder som skal behandles per lokalitet og etterspørselen. De fleste respondentene hadde erfaring med kapasiteten under behandling og ikke gode estimater på totalkapasiteten per år. Aktørene hadde generelt god oversikt over kapasiteten mens behandlingen pågikk, men det er en viss forskjell i hvordan de svarte. To trakk frem at man avluster 1 merd per døgn med fire linjer og 10-12 timers drift. En annen svarte om lag 1.000 tonn/døgn som gjennomsnittlig kapasitet under behandling med tre linjer.

To av aktørene hadde informasjon vi kunne benytte for å estimere årskapasitet til slike systemer. Vi anslår årskapasiteten til 150.000 tonn for et firelinjers system med døgn drift. Dette er med andre ord tilsvarende to termiske linjer. Disse forutsetningene innebærer årlige avskrivninger på 0,04 kr/kg behandlet og kapitalbindingskostnad på 0,01 kr/kg. Vi påpeker at det er betydelig usikkerhet knyttet til disse estimatene

Det vil påløpe kostnader til vedlikehold. De aller fleste aktørene har ikke grunnlag til å uttale seg om disse, men en trekker frem at man vil i alle fall ha behov for årlig slippsetting til om lag 1,5 millioner kr.

Operasjonen krever nothåndtering til trengingen av fisken. Til dette svarer de fleste respondentene at det benyttes to servicefartøy, men enkelte trekker frem at de benytter ett fartøy, og en håndterer hele operasjonen fra en enkelt brønnbåt uten hjelp fra servicefartøy. I vår modell har vi forutsatt at det benyttes to servicefartøy. Kostnaden har vi anslått til 15.000 kr/døgn per fartøy uten mannskap. Vi har antatt at avlusningen av lokaliteten tar fem døgn. Det var til dels betydelig variasjon i aktørenes opplysninger om kapasiteten under behandling, slik at det er en viss usikkerhet i dette estimatet. Kostnaden til servicefartøyene blir med disse forutsetningene 0,04 kr per behandlet kg.

Det er et relativt betydelig antall personer involvert i avlusningen, og det er en viss variasjon i tilbakemeldingene fra informantene. Vi har lagt til grunn samme arbeidsbehov som for termisk avlusning med 24 årsverk til en kostnad på 750.000 kr. I gjennomsnitt tilsvarer dette en kostnad på 0,12 kr per behandlet kg.

Drift av fartøyene og riggen krever drivstoff. En av aktørene anslo drivstofforbruket direkte, mens andre estimerte effektforbruket under behandling, noe som vil utgjøre en vesentlig del av forbruket. Førstnevnte trakk frem et forbruk på om lag 20-30 kbm diesel per mnd. Om vi legger til grunn 8 måneders drift, 5 kr/l drivstoff og 150.000 tonn avluset fisk tilsvarer dette om lag 0,005-0,008 kr/kg avluset. Tre andre respondenter trakk frem energiforbruk på henholdsvis 1 og 2,3 og 3,6 kWh/tonn. Dersom vi legger gjennomsnittet på om lag 2,3 kWh/tonn og en anslått generatorkostnad på 3 kr/kWh tilsvarer dette 0,007 kr/behandlet kg. I tabellen under som oppsummerer estimatene har vi benyttet anslaget basert på energiforbruk for å være i samsvar med anslaget for avlusning med temperert vann. I tillegg kommer servicebåtenes forbruk under behandling og flytting mellom merder og mellom anlegg. Her legger vi til grunn tilsvarende resonnement som presentert for termisk avlusning og en kostnad på om lag 0,005 kr/kg avluset. Totalt drivstoffkostnad blir da om lag 0,1 kr/kg avluset.

Dødelighet representerer en viktig alternativkostnad for enkeltoppdrettere. Dette både i form av mengden fisk som dør og eventuell redusert tilvekst fra disse fiskene. Det er en viss variasjon mellom tilbakemeldingen fra aktørene som hadde benyttet spyling og undertrykk. To hevdet å ha erfart om lag

0,5 % tilleggsdødelighet, en annen 0,1-0,3 %, og en anslo denne til 0,21 %. Usikkerheten i anslagene, samt usikre langtidseffekter, gjør at vi også her illustrerer kostnaden med 0,5 % dødelighet – det vil si samme som for varmtvannsbehandling. Enhetskostnaden knyttet til dette blir 0,25 kr/behandlet kg. Enhetskostnaden påvirkes lineært av forutsetninger om dødelighet.

Behandlingen av fisken krever sulting i forkant og redusert appetitt en periode etter behandling. Vi har dessverre bare informasjon om dette fra en oppdretter. Denne hevder at sultetiden var noe lavere enn med termisk behandling. Det bør gjøres grundigere studier av effekten av redusert fôring og appetitt for de ulike metodene. For diskusjon av kostnadene knyttet til tapt tilvekst vises det til omtalen i seksjonen om varmtvannsbehandling, i kapittel 5.2.1.

Kostnadsestimatene basert på disse forutsetningene er oppsummert i tabell 2. Vi gjør oppmerksom på at enhetskostnaden her er per kg behandlet fisk.

Tabell 2 Modellerte enhetskostnader spyling/undertrykk behandling, kr/kg behandlet fisk for en full lokalitetsbehandling av 4.000 tonn relativt stor fisk.

	Modellert enhetskostnad	Forutsetninger
Avskrivninger	0,03	4 stk, 5,5 mill kr/stk, 4 år
Alternativkostnad kapital	0,01	7,5%
Servicefartøy	0,04	2 stk, 15.000 kr/døgn
Arbeidskraft	0,13	24 årsverk for 150.000 tonn
Drivstoff avlusning	0,01	1,3 kWh/tonn, 3 kr/kWh, 10 kbm/mnd pr servicebåt
Vedlikehold	Ikke estimert	
Dødelighet	0,25	0,25% dødelighet, 50 kr/kg
Annet	Ikke estimert	
Sum estimerte poster	0,47	

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

- I likhet med andre metoder vil et kritisk moment med bruken av mekanisk avlusning være en rekke forhold under trenging og pumping av fisk som må overvåkes. Dersom fisken starter å miste skjell under trengingen, kan dette forverres ytterligere under avlusning. Ved trengeskader må det vurderes om det er fiskevelferdsmessig forsvarlig å fortsette operasjonen.
- For systemer med vanninjektor sikre lavt og riktig innstilt trykk i forhold til fiskestørrelse slik at det ikke oppstår gjelleblødninger eller andre skader. Mekanisk avlusning som trykkdyser og børster belaster hudlaget, noe som gir skjelltap/sår og videre kan gi grunnlag for sekundære infeksjoner. En bør derfor vektlegge overvåking av særlig skjelltap og gjeller underveis i avlusningen samtidig med kontroll av avlusningseffekten. Overvåking av eventuell sårutvikling og hvilke konsekvenser dette har over tid på fiskevelferd er viktig, spesielt med tanke på gjentatte behandlinger samt vintertemperaturer. Ved gjentatt behandling bør det være en rotasjon der ulike avlusingsprinsipper benyttes.
- Mekanisk avlusning er ikke dokumentert i forhold til velferd hos rensefisk. FLS-avlusersystem har ingen avsilingsmulighet for rensefisk under behandling.
- For FLS-avlusersystem, hvor behandlingsvannet filtreres i merd, må det sikres rutinesjekk av filterposen for å hindre frigjøring og re-smitte av lus i merd. Det må også kontrolleres at alt

vann siles gjennom filteret og at maskestørrelsen er optimalisert for bedre å kunne sikre oppfangning av alle lusestadier.

- SkaMik mangler offentlig tilgjengelig dokumentasjon, mens Hydrolicer er under vurdering hos Sintef Ocean, finansiert av FHF. Utfyllende rapport forventes i løpet av 2017.

Beste praksis

- Desinfeksjon av utstyr mellom lokaliteter. Ved påvisning av sykdom i enkeltmerd bør en desinfisere mellom merder på lokalitet.
- Fiskehelsepersonell må foreta en vurdering av fiskehelse inkludert skinnhelse og gjellehelse før avlusing for å sikre forsvarlig fiskevelferd.
- Det er vesentlig å sikre avkast i merd som står i forhold til mengden til behandling. Dette for å sikre at fisken ikke står trengt for lenge. Adferd bør overvåkes kontinuerlig for å unngå for hard trenging, og det bør systematisk nedtegnes forhold ved trengingen som har betydning for fiskevelferden inkludert trengetid. Det finnes et skåringssystem for trenging basert på adferd i overflaten, der rolig svømmeadferd og ingen hvite sider er målet, og noen få synlige ryggfinner kan aksepteres (Mejdell et.al 2009).
- Overvåking av pO₂ nivåer i merd. Oksygenering om nødvendig.
- Ved bruk av vakuum eller impeller pumper, sikre at trykk og hastighet står i forhold til løftehøyde og fiskestørrelse.
- Under drift, overvåking av avlusingseffekt og parametere som skjelltap, gjelleblødninger og eventuelle sår. Eventuell sårutvikling bør også overvåkes i etterkant av behandlingen, særlig ved synkende vanntemperaturer. Det bør utarbeides retningslinjer i forhold til vanntemperaturer og bruk av mekanisk avlusing med tanke på risiko for sårutvikling.
- Det må sikres at utstørsproducentens og eventuelt egne oppdaterte retningslinjer for fiskens fart i m/s overholdes. FLS har gitt en anbefaling på mellom 2-3 m/s. Det må også sikres at det finnes retningslinjer for spyletrykk utfra fiskestørrelse. Det er viktig med jevn fiskestørrelse for riktig innstilling av spylere med tanke på avlusingseffekt, og det bør derfor utarbeides hensiktsmessige rutiner i forhold til sortering av fisk før behandling.
- Det må sikres at fisk ikke blir stående og stange i rørsystemer ved lavintensiv kjøring, pauser eller etter endt operasjon. FLS-avlusersystem har montert kamera hvor man kan kontrollere adferd og fart på noen punkter.
- Overvåking av fisk etter behandling for iverksettelse av stopp prosedyrer.
- Kameraovervåking i merden som fisken pumpes til kan være med på å avdekke unormal adferd og eventuell dødelighet så tidlig som mulig.
- Hver enkelt avlusingsenhet bør ha en angivelse av størrelse på fisken som kan behandles. For FLS-avlusersystem slik det er montert på «Enabler One» pr. 2016 bør størrelsen på fisken være mellom ca. 1,5 og 3,5 kg for å ha noe sikkerhetsmargin. Fisken bør være godt sortert og ha jevn størrelse.
- Det bør sikres tilstrekkelig luseoppsamling for å hindre re-smitte.

5.2.3 Ferskvann i brønnbåt

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

For avlusing med ferskvann blir fisk behandlet i brønnbåter, hvor fisk og lus eksponeres for ferskvann vanligvis i 4-8 timer før fisken siles av og plasseres tilbake i merd. Mekanismen for avlusing er å forstyrre den osmotiske balansen til lakselus som i utgangspunktet er iso-osmotisk til omgivelsene, noe som medfører lammelser og til slutt død hos lusa. Det er særlig kopepoditter som dør raskt av ferskvann, mens pre-adulte og kjønnsmodne lus har noe større toleranse (Hahnenkamp & Fyhn, 1985; Reynolds, 2013). Det pågår i dag en rekke forskningsprosjekter, finansiert av FHF, som forventes å gi utfyllende informasjon om effekten på lus – «Ferskvannsavlusing og stresspåvirkning på lus (OSMO-lus)».

Effektiviteten av behandlingen

Effekten av ferskvannsbehandling er avhengig av tid, hvor en observerer maks effekt på bevegelige lus etter 4 timers eksponering (Reynolds, 2015). Kommersielle forsøk med brønnbåt viser at en ferskvannseksponering på 2-3 timer medfører en gjennomsnittlig samlet reduksjon av lakselus i alle stadier på 92-96 % (Reynolds, 2015; Reynolds, 2013). Ser en på tallene på basis av stadier viser Reynolds (2013) at andelen kopepoditter ble redusert med 100 % med ferskvannsbehandling, pre-adulte 97 % og kjønnsmodne med 92 %, men det kommenteres at en del av reduksjonen kan forklares med den mekaniske behandlingen fisken gjennomgår. Nyere studier av (Wright et al., 2016) på ferskvannstoleranse hos lakselus viser at kopepodittene dør innen 1-3 timer med ferskvannsbehandling, mens adulte lus vil kunne overleve så lenge som i 8 dager. I kontrast til Reynolds (2013), viser kontrollerte forsøk fra UiB (Stavang et al., 2015) at selv om ferskvann har god effekt på kopepoditter, så vil pre- og adulte lus kunne være festet på fisk 24 t under eksponering. De hadde også noe tap etter overføring til sjøvann, noe som kan støtte hypotesen at det er det osmotiske sjokket skapt av raske endringer i salinitet som gjør at lus faller av. Det var mest tap blant hannene, mest sannsynlig på grunn av at de er mer bevegelige enn hunnene. Imidlertid ble det observert at 50 % av de kjønnsmodne hunnene hadde sluppet eggstrengene etter 4 timer ferskvannseksponering. Disse forsøkene ble gjort uten mekanisk håndtering av fisken, noe som kan forklare den lavere effekten.

Påvirkning på fisken

Det finnes lite vitenskapelig dokumentasjon på velferd under ferskvannsbehandling i full skala, men erfaring tilsier at ferskvannsbehandling er mindre risikofylt sammenliknet med legemiddelbehandling. Torgeirsen (2016) fant ingen velferdsmessige betenkeligheter med ferskvann under arbeidet med «fossefall» i laboratorieskala hvor det ble benyttet behandlingstider på 3 og 8 timer i tillegg til overrisling med ferskvann/fossefall. Det er pekt på at vannkvaliteten er viktig å vurdere samt å overvåke (Powell et al., 2015). Det kan være en stressfaktor i seg selv at vannkvalitet raskt skifter, men det er viktig med effektive avsilinger for å unngå blandsoner. En relativt lang behandlingstid på 6-8 timer, slik det praktiseres, kan gi økt risiko for skader under håndteringen/trengingen, og krever brønnbåter med god overvåking av vannkvalitet og hvor oksygen kan tilsettes. Generelle håndteringskader som skjelltap, rødbuk, sår og finneskader kan være velferdsindikatorer. Erfaringsmessig finnes det eksempler på at ferskvann også har gitt akutt behandlingsdødelighet, og dette kan være stressrelatert. Det er viktig med god overvåking av adferd under behandling, og om nødvendig avbryte operasjonen dersom fisken virker påkjent.

Økonomi

Flere anlegg har avluset fisk ved å holde den en lengre periode i ferskvann om bord i brønnbåt. Dette krever at man har tilgjengelig brønnbåtkapasitet og ferskvann. De direkte kostnadene med denne

metoden knytter seg primært til bruk av brønnbåt, ferskvann, servicefartøy og arbeidskraft. I tillegg kommer det indirekte kostnader i form av dødelighet og tilveksttap.

Vi har informasjon om ressursbruken fra bare to respondenter, slik at det også her er usikkerhet knyttet til kalkylen. Aktørene vi intervjuet benyttet innleie av brønnbåt, ikke eget eierskap. Den ene hadde brønnbåten i en årlig leieavtale, slik at det var vanskelig å anslå kostnaden med tidsbruken. Båten ble bare benyttet til slik behandling ved ledig kapasitet. Den andre oppga en timepris på 15.000 kr. Enhetskostnaden bestemmes i tillegg av kapasiteten – informanten oppga at normal behandling var 10-20 tonn/time som gjennomsnitt for en lokalitetsbehandling. Neste sesong forventet aktøren mer moderne fartøy med kapasitet 20-30 tonn/time. Dersom vi legger 20 tonn/time til grunn blir leiekostnaden 0,75 kr/behandlet kg. Tidsbruken for en lokalitetsbehandling av 4.000 tonn blir om lag 8 døgn.

Aktøren hadde også erfaring med både termisk avlusing og undertrykk. Også her ble det benyttet to servicefartøy og noenlunde tilsvarende arbeidsbehov korrigert for arbeidet på plattformen. Her ble det trukket frem et behov for 10-12 mann i to skift. Vi legger til grunn 10 personer som arbeider 12 timer til en gjennomsnittlig timepris på 325 kr. Enhetskostnaden til servicefartøyene, prissatt til 15.000 kr/døgn, blir 0,06 kr/kg behandlet og arbeidskostnaden 0,08 kr/kg behandlet.

Den andre aktøren vi intervjuet opplyste om investeringer i ferskvannsreservoar på 1,5-2 mill. kr. Den direkte kostnaden til vannforbruket ble anslått til 14-15 kr/kbm. Dersom vi antar en levetid på 10 år og at anlegget benyttes til 10 lokalitetsbehandlinger og alternativkostnad for kapital på 7,5 % gir dette reservoarkostnad på 0,01 kr/behandlet kg. Dersom vi antar man behandler 70 kg/kbm ferskvann tilsvarer dette en ferskvannskostnad på 0,21 kr/behandlet kg.

Bare en informant hadde opplysninger om tilleggsdødelighet fra behandlingen. Denne varierte noe, men aktøren anslo denne til å være 0,5 % i gjennomsnitt. Med lite datamateriale og betydelig usikkerhet velger vi her også å illustrere kostnaden ut fra en forutsetning om 0,5 % akkumulert dødelighet. Med en alternativkostnad på 50 kr/kg tilsvarer dette 0,25 kr/behandlet kg. Det er en lineær sammenheng mellom dødelighet og kostnad.

Kalkylen og de viktigste forutsetningene er oppsummert i Tabell . Enhetskostnaden er her per kg behandlet fisk. De viktigste kostnadspostene er leie av brønnbåten, bruk av ferskvannet og dødelighet. For diskusjon av kostnadene knyttet til tapt tilvekst vises det til omtalen i seksjonen om varmtvannsbehandling, i kapittel 5.2.1.

Tabell 3 Modellerte enhetskostnader ferskvannsbehandling i brønnbåt, kr/kg behandlet fisk for en full lokalitetsbehandling av 4.000 tonn relativt stor fisk.

	Modellert enhetskostnad	Forutsetninger
Leie brønnbåt	0,75	15.000 kr/t, 20 tonn/time
Forbruk ferskvann	0,21	70 kg/kbm, 15 kr/kbm
Kapitalkostnader ferskvannsreservoar	0,01	1,5 mill, 10 år levetid, 10 behandlinger
Servicefartøy	0,06	2 stk, 15.000 kr/døgn, 8 døgn
Arbeidskraft	0,08	10 pers, 12 timers skift, 325 kr/t
Dødelighet	0,25	0,5%, 50 kr/kg
Annet	Ikke estimert	
Sum estimerte poster	1,36	

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

- Vurdere fiskevelferden før avlusing.
- Metoden har lav behandlingsskapasitet mht. til volum/tid. Vesentlig er å sikre avkast i merd som står i forhold til mengden til behandling, dette for å sikre at fisken ikke står trengt lenge.
- Tetthet i brønnbåten under behandling.
- Ved bruk av vakuum eller impeller pumper, sikre at trykk og hastighet står i forhold til løftehøyde og fiskestørrelse.
- Ettersom store mengder fisk fra en lokalitet utsettes for resirkulert ferskvann over tid, vil det være en rekke kritiske faktorer rundt vannkvalitet med bruken av metoden, og det må derfor måles pCO₂, pO₂, pH, NH₃/NH₄, totalt organisk materiale (TOC) og temperatur. Det er viktig å sikre gode avsilinger for å unngå blandesoner av ferskvann og saltvann.
- Valg av ferskvannskilde med hensyn til sykdom, pH, alkalinitet og vannkjemi. Vannprøver av råvannet trengs for å sikre kvaliteten.
- Overvåking av adferd underveis i operasjonen er viktig, dette kan være utfordrende ved gjenbruk av vann, da partikkelinnholdet kan gi dårlig sikt.
- Resirkulasjonsteknologi for å bevare tilfredsstillende vannkvalitet.
- En generell regel er at fisken ikke bør eksponeres for ferskvann lengere enn nødvendig for å oppnå ønsket effekt av avlusing. Det bør være en rotasjon med ulike avlusingsprinsipper ved gjentatt behandling.
- Fiskevelferden for rensefisk bør sikres.

Beste praksis

- Fiskehelsepersonell må foreta en vurdering av fiskehelse før behandling for å sikre forsvarlig fiskevelferd.
- De fleste brønnbåter benytter over-/undertrykkslossing som ansees som en stor fordel mht. skånsomhet og nødvendighet av grad av trenging. Det finnes et skåringssystem for trenging basert på adferd i overflaten, der rolig svømmeadferd og ingen hvite sider er målet, og noen få synlige ryggfinner kan aksepteres (Mejdell et.al 2009).
- Bør brukes dersom det er hensiktsmessig med kombinasjon med AGD behandling.
- Kontinuerlig overvåking av vannkvalitet og adferd.

- Ettersom det rapporteres om overlevelse av pre-adulte og adulte lus etter flere dagers eksponering av ferskvann, bør brønnbåten ha tilstrekkelig filtrering under resirkulering.
- Skifte av vann og desinfeksjon av brønnbåt før behandling mellom lokaliteter. Utslipp av brukt ferskvann på egnet sted i forhold til smitte.
- Desinfeksjon mellom merder når påvist sykdom i enkeltmerder.
- Overvåking av sårutvikling etter behandling bør utføres, særlig med tanke på å dokumentere fiskevelferd ved lange behandlingstider ved lave vanntemperaturer.

5.2.4 Ferskvannslukk i merd med skjørt

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Intensjonen med denne metoden er å kontrollere parasitter ved hjelp av ferskvann. Ferskvannsbad foregår direkte i merden ved at ferskvann pumpes inn i en merd som er omsluttet av et skjørt (Powell et al., 2015) som beskrevet under avsnitt 5.4.1. Både semi-permeable skjørt og tette skjørt prøves ut. Metoden involverer ikke bruk av medikamenter eller kjemikalier. Slik metoden beskrives i dag involverer den noe håndtering ved at fisken konsentreres i ferskvannslokket ved trenging (Grundvig et al., 2015a).

Studier av osmoregulering hos lakselus har vist at lakseluslarver tåler dårlig overgangen til ferskvann og dør raskt, men pre-adult og adult lakselus som sitter på verten kan overleve lenge (Hahnenkamp & Fyhn, 1985). En rapport fra Reynolds et al. (2013) viser en samlet reduksjon for alle fastsittende stadier av lus, telt etter trenging/pumping/håndtering på 39 %, og en total prosentvis reduksjon i alle fastsittende stadier for fisk eksponert for ferskvann opp til 3 timer på 86 – 90 %. Det viste seg at Chalimus stadiene hadde større sannsynlighet for å bli fjernet fra laksen enn de andre senere utviklede stadiene. Forsøk med adult lus har vist at man har 13 – 44 % effekt av ferskvann etter 4 timer i ferskvannsbad, og at effekten av 24 timer eksponering for ferskvann var mellom 44 og 77 % tap (Stavang et al., 2015). De hadde også noe tap etter overføring til sjøvann. Det var mest tap blant hannene, mest sannsynlig på grunn av at de er mer bevegelige enn hunnene, men de så også at hunnene var påvirket av ferskvann i og med at etter 4 timer hadde 50 % slipt eggstrengene.

Nyere studier av (Wright et al., 2016) på ferskvannstoleranse hos lakselus viser at kopepodittene dør innen 1-3 timer med ferskvannsbehandling, mens adulte lus vil kunne overleve så lenge som i 8 dager.

Ved å bruke metoden med ferskvann i merd unngår man pumping av fisken og man reduserer håndtering. Ferskvannslukk i merd kan lages enten ved å transportere ferskvann med båt fra land, eller det kan lages ved merden ved avsalting av sjøvann (revers osmose (RO)). Som beskrevet i Grundvig et al. (2015a;2015b) vil et slikt skjørt ved korrekt utforming kunne holde på et ferskvannslag i de øverste meterne av merden. Ferskvannslaget skapes fordi det oppstår en naturlig oppdrift når ferskvannet tilføres og det saltholdige, og dermed tyngre sjøvannet, presses da ned og ut gjennom bunnen av skjørtet (derav betegnelsen «ferskvannslukk»). Det vil også dannes blandsoner med brakkvann i overgangen mellom ferskvann og sjøvann. Siden det ikke ville bli naturlig tilførsel av vannbåren oksygen til ferskvannslokket, tilsatte de i dette forprosjektet oksygen til ferskvannslokket. Det var videre forventet en akkumulering av CO₂ i ferskvannslokket, opp mot 50 mg/L etter 4 timer behandling. Anbefalt grensenivå for Atlantisk laks smolt er satt til 16 mg CO₂/L (Fivelstad, 2013). Arbeidet til Fivelstad et al. (1998) viser effekten av ulike CO₂-konsentrasjoner på Atlantisk laks. Det er videre vist at regnbueørret utsatt for høye konsentrasjoner av CO₂ (60 mg/L) får en unnvikende adferd og forsøker

å svømme bort fra dette miljøet (Clingerman et al., 2007). Dersom avlusingen i ferskvannsløkket skal gå opp mot 24 timer, kan det bli behov for kontinuerlig tilsats av nytt vann eller avgassing av CO₂. Dette er et område som absolutt bør prioriteres og undersøkes nærmere.

Ferskvannsbad er sannsynligvis forholdsvis mindre stressende enn andre metoder som involverer pumping og annen håndtering, men selv et skjørt kan ha betydelige effekter på vannsirkulasjon og oksygenering, og derfor være stressende for fisken (Stien et al., 2012). Slik metoden er beskrevet i dag involverer den også noe trenging da det beskrives at fisken konsentreres i ferskvannsløkket (Grundvig et al., 2015a).

Det er flere initiativ og prosjekter på gang når det gjelder ferskvannsbehandling/brakkvannsbehandling i merd. I NFR prosjektet *Ectoremove* ser de på integrert løsning for vannproduksjon, vannlagring og behandling av fisk. I NFR prosjektet *Selftreatment* ser de på ulike løsninger for etablering av ferskvann/brakkvannsløkk i merd. *Bjørøya*prosjektet tester ut brakkvannsløkk i merd med luseskjørt. I et intervju med en av partnerne i det sistnevnte prosjektet ble det fortalt at denne metoden skal redusere påslag av lus ved å redusere reproduksjon, og den retter seg mot frittsvevende, yngre lus. De fortalte videre at i de innledende forsøkene på Bjørøya så man utfordringer i forhold til etablering av ferskvannsløkk da vann lakk ut/inn av skjørtet og bølger kom over kanten på merden, og med lave oksygenverdier i ferskvannsløkket. I prosjektet *Salmar Farming* tester de ut brakkvannsløkk i innermerd samt oppfølging av vannkvalitet inkludert oksygentilsats.

Effektiviteten av behandlinga

Generelt er metoden med ferskvannsbehandling for å redusere lusepåslag relativt godt beskrevet i andre forsøk, og dette er beskrevet i forrige avsnitt og under avsnitt 5.2.2. Denne metoden involverer ikke pumping av fisken som skal avluses, og man vil da ikke få den ekstra fjerningseffekten som pumping medfører. Imidlertid så vil trenginga som fisken går gjennom antagelig øke effekten av fjerninga. Når det gjelder metoden med ferskvannsløkk i merd og effekten det vil ha på lusepåslag finnes det foreløpig ingen resultater tilgjengelige. Dette er en relativt ny metode som er under utvikling og utprøving.

Påvirkning på fisken

Bruken av ferskvannsløkk er et forholdsvis nytt konsept for behandling av AGD og lus, men det pågår noen studier der ferskvannsløkk blir brukt til å behandle laks. Informasjon om effektene denne behandlingen har på fisk eller på effekten fisken har på dannelsen av ferskvannslag i merdene er fortsatt ikke åpent tilgjengelig.

Konseptet presentert av Grundvig et al. (2015a;2015b) foreslår å anvende skjørt rundt merder som er åpne i bunnen, og at dette vil føre til at sjøvann blir presset ut av den øvre del av vannsøylen og erstattet av ferskvann. Etter at ferskvannslaget er dannet, vil fisken bli trengt i ferskvannsområdet for behandling. Selv om man med denne metoden unngår pumping til brønnbåt og derfor reduserer håndtering av fisken dramatisk, vil det likevel være noen grad av håndtering ettersom fisken trenges i området med ferskvann.

Trengingen i seg selv kan være stressende for fisken og stressnivå og restitusjonstiden øker med varigheten av trenginga (Espmark et al., 2015). Den normale adferden og svømming begrenses under slike forhold. Ofte øker laksens aktivitet under trenging, noe som igjen øker metabolismen og oksygenbehovet (Gismervik et al., 2017b). Fisk kan også vise panikkoppførsel under trenging. Økt aktivitet fører til mer mekanisk kontakt mellom enkeltindivid, utstyr og merd. Under disse forhold kan

skinn og finneskader forekomme, så vel som skjelltap (Espmark et al., 2015). Åpne sår kan øke mottageligheten for infeksjoner og kan være skadelig for fiskehelsen. Fisken bør derfor overvåkes under trenginga. Noen av de foreslåtte Operative Velferdsindikatorer (OVI) for overvåking ville være oppførsel, gjelle score, skjelltap, finneskader, skinnstatus, snuteskade, laktat og glukose (Gismervik et al., 2017b).

Oksygenet er den første begrensende faktoren for varighet av behandling i ferskvannsløkk (Grundvig et al., 2015b). Oksygenet kan bli brukt opp meget raskt etter overføring av fisk til de stillestående ferskvannsløkket. Det er derfor foreslått å oksygenere ferskvannsløkket for å hindre dannelse av hypoksiske lommer (Grundvig et al., 2015b). Tilstrekkelig oksygen må være tilgjengelig for å ta høyde for vanntemperatur, fiskestørrelse, stress, økt metabolisme, oksygenbehov og aktivitetsnivå. I tillegg antydes det at CO₂ vil akkumuleres under behandling, men at akutt eksponering for CO₂-konsentrasjoner opp til 50 mg/L i et tidsrom på opptil 5 timer ikke vil være skadelig for fisken (Grundvig et al., 2015b). Denne antagelsen har imidlertid ikke blitt skikkelig undersøkt, og i tillegg bør effekten av akutt eksponering av høye verdier av CO₂ under stressende situasjoner, som for eksempel under trenging dokumenteres. Konsentrasjon av O₂ og CO₂ bør overvåkes nøye under anvendelse av denne behandlingen. Dannelsen av ferskvannslag med saltholdighet <3ppt er avgjørende for denne teknologien (Grundvig et al., 2015a) og ferskvannslaget bør også overvåkes ved kontinuerlige målinger av saltholdigheten.

I tillegg til det potensielle trengingsstresset og den akutte eksponering for høye verdier av CO₂, kan fisk behandlet med ferskvann også bli utsatt for den osmotiskregulatorisk stress. Samtidig eksponering for flere stressfaktorer i løpet av kort tid kan øke den totale belastningen dramatisk og kan overgå mestringskapasiteten og føre til kronisk stress og dårlig velferd. Derfor bør fisken følges opp etter behandling, for eksempel ved å overvåke dødeligheten eller tiden det tar før normal appetitt er gjenopprettet.

I et intervju med en av prosjektdeltagerne i Bjørøyaprojektet ble det fortalt at dersom vannkvalitet og oksygen ble overvåket og kontrollert, kunne de ikke se noen effekt av behandlingen på appetitten. De påpekte imidlertid at metoden er i tidlig stadium og at det er en del usikkerheter.

Økonomi

Denne metoden for lusebehandling anser vi å være i et for tidlig utviklingsstadium til å gjøre kostnadsestimater for.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Ferskvannsbehandling i merd med luseskjørt reduserer håndtering siden fisken ikke må pumpes opp i en brønnbåt. Bruk av denne metoden er derfor skånsomt for fisken sammenliknet med andre metoder for lusebekjempelse. Selv om denne metoden ikke involverer langvarig bruk av luseskjørt, gjelder likevel mange av forholdene som er beskrevet under avsnittet kritiske momenter for bruk av luseskjørt, seksjon 4.5.1. Siden ferskvann har en annen tetthet enn sjøvann fører dette til redusert omblending med sjøvannet under merden. Dette gjør at man må ha spesielt fokus på vannkvalitet og konsentrasjoner av gasser som CO₂ og O₂ under behandlingen. Det er videre kritisk å opprettholde lav nok salinitet (<3 ppt.) da man kan forvente noe utvasking av ferskvann. Tilsetning av ferskvann må gjøres forsiktig for å unngå innblanding av sjøvann. Dette kan ta litt tid og kan være uønsket dersom værforholdene ikke er optimale. Det at hele merdvolumet brukes av fisken under fylling med ferskvann kan også bidra til å øke innblandingen.

Det er nødvendig å overvåke fisken under og etter behandling, også fiskens adferd, ettersom trenging i ferskvannslaget kan føre til stress, skader, øke mottageligheten for infeksjon og påvirke osmoreguleringen. Summen av dette kan føre til en overbelastning som kan ha langvarig effekt på fiskevelferd.

Beste praksis

Selv om denne metoden ikke involverer langvarig bruk av luseskjørt, gjelder likevel mange av forholdene som er beskrevet under seksjon *Beste praksis ved bruk av luseskjørt*. Videre bør:

- Oksygenmetning i ferskvannsløkket overvåkes.
 - Ved for lave oksygenmetninger bør oksygen tilsettes i tilførselsvannet.
- CO₂-konsentrasjonen i ferskvannsløkket overvåkes.
 - Ved for høye CO₂-konsentrasjonen bør gassen stripes eller mengde tilførselsvann økes.
- Saliniteten overvåkes da noe utvasking av ferskvannet kan forventes.
- Fiskens adferd og plassering i merden overvåkes under behandling i henhold til RSPCA (2015).
- Representativt antall fisk bør undersøkes for skader før og etter behandling.
- Dødelighet og appetitt bør følges opp etter behandling helt til appetitten kommer tilbake.

5.3 Medikamentfri metode for avlusning uten håndtering (MFU)

5.3.1 Rensefisk – oppdrettet rognkjeks og berggylt

Dette kapitlet omhandler, med få unntak, oppdrettet berggylt og rognkjeks i merd.

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Bruk av rensefisk som avlusningsmetode har gått fra å sette inn villfangete arter (eksempelvis rognkjeks, berggylt, bergnebb, grønngylt, grasgylt og rødnebb) i laksenøtene til å omfatte i stor grad oppdrettet berggylt og rognkjeks. Satsingene på oppdrettet rensefisk har kommet fra at oppdretterne ønsker å være selvforsynte. Behovet for rensefisk er estimert til mer enn 40 millioner fisk årlig, og dette antallet kan ikke dekkes ved hjelp av villfanget rensefisk. Siste tilgjengelige tall fra 2015 viser at vi også er en stykke fra målet for oppdrettet rensefisk (tabell 4 og 5). I tillegg rettes det kritikk mot bruk av villfanget rensefisk på grunn av velferdsutfordringene ved å sette vill fisk i fangenskap (Poppe, 2015), og overfiske av villfisk (Halvorsen, 2015). En stor fordel med bruk av rensefisk er at laksen ikke utsettes for håndtering i forbindelse med avlusning. I tillegg anses metoden som effektiv (Leclercq et al., 2014), miljøvennlig og bærekraftig (ved bruk av oppdrettet fisk). Man kan likevel stille spørsmål om metoden er godt nok dokumentert, om den er optimalisert, om det er stor variasjon i praksis, og om det er noen variasjon i aksene nord-sør. Bruk av rensefisk har flere utfordringer som må løses før metoden kan sees på som optimal. Man har lenge vært bekymret for velferden til rensefisken. Dødeligheten etter utsett i sjø er stor, og årsakene til dødeligheten er ikke godt nok klarlagt. Oppdrettet rensefisk er utsatt for en rekke sykdommer, og per i dag har vi ikke vaksiner som er tilstrekkelig effektive. Det er også behov for kunnskap og standardiserte rutiner i forbindelse med vaksiner, f.eks. fiskestørrelse og tilbakeholdelsestid. I tillegg mangler vi kunnskap om fiskenes ernæringsmessige, atferdsmessige og fysiologiske behov, og grenseverdier for en rekke miljøvariabler. Noe av disse utfordringene er tatt tak i FHF prosjektet RENSVEL («Velferd hos rensefisk – operative velferdsindikatorer» (prosjekt # 901136). Dersom man får løst mange av disse utfordringene, er bruken av rensefisk en metode som kan benyttes i kampen mot lakselus i lang tid framover.

Tabell 4 Utsett (bruk) av oppdrettet og villfanget renseskjete til lakselusbekjempelse fordelt på art. Antall i 1000 stk. Verdi i 1000 kroner (www.Fiskeridirektoratet.no).

Art Species	2015	
	Antall Number	Verdi Value NOK
Rognkjeks/ <i>Lumpfish</i>	10 325	177 076
Berggyll/ <i>Ballan wrasse</i>	869	19 098
Bergnebb/ <i>Gold-sinny wrasse</i>	2 078	21 112
Grønngyll/ <i>Corkwing wrasse</i>	2 768	32 046
Uspesifisert/ <i>Non spesified</i>	10 369	121 372
Totalt/Total	26 409	370 704

Tabell 5 Salg av oppdrettet renseskjete til lakselusbekjempelse. Antall i 1000 stk. Verdi i 1000 kroner (www.Fiskeridirektoratet.no).

Art Species	2015		2014		2013		2012	
	Antall Numbers	Verdi Value	Antall Numbers	Verdi Value	Antall Numbers	Verdi Value	Antall Numbers	Verdi Value
Berggyll/ <i>Wrasse</i>	1 348	30 304	379	6 740	95	1 769	270	2 000
Rognkjeks/ <i>Lumpfish</i>	13 385	237 468	3 457	52 858	1 954	27 717	431	5 175
Andre renseskjeter/ <i>Other species</i>	0	0	0	0	0	0	2	32
Totalt/Total	14 733	267 771	3 836	59 598	2 049	29 486	703	7 208

Håndtering og vannkvalitet

Det oppfordres sterkt til å holde all håndtering nede på et minimum da dette både kan skade og stress renseskjete. Imidlertid er det mye som tyder på at berggyll er mer følsom for håndtering og stress sammenlignet med rognkjeks. Renseskjete håndteres mest under produksjon (sortering, vaksinerings, transport), og mindre etter at den har blitt satt ut i merd. Håndteringen i merd skjer i forbindelse med oppfisking, vasking av nøter/skjul, og dersom andre mekaniske avlusningsmetoder brukes, kan renseskjete bli pumpet og trengt sammen med laksen.

Berggyll

- Tåler ikke brå endringer i miljø (fysisk miljø eller vannmiljø).
- Produksjon:
 - Tåler lite vannstrøm – bruker renseskjete opp til 5g fiskestørrelse (Ingrid Overrein, Pers med).
 - Dempet lysrør med skyggenett. Beholder vinduer åpne, gir variasjon i lyset gjennom døgnet, 15-70 lux på dagtid (15-30 lux på natt) (Ingrid Overrein, Pers med).
 - Tilvekst krever 14 °C (Grøtan & Overrein, 2017), mange oppdrettere bruker 16 °C
- Sedasjon ved transport brukes og anbefales. Eksempel med Aqui-S (3 mg/l (Iversen et al., 2015b)) eller MS222 (maks 150 mg/l (Durif et al., 2014)).
- Berggyll blir fort stresset. Dette er spesielt viktig å ta hensyn til ved transport, lasting og lossing som i utgangspunktet er stressende (se Bransjeveileder: Mottak av leppefisk).
- Ikke forstyr fisker mer enn nødvendig og ikke i det hele tatt om vinteren.
- Tåler ikke lave saliniteter. Overlever korte perioder ved 14ppt og 5–7 dager ved 21ppt, lave saliniteter gir stress og dødelighet (EcoFish Ballan wrasse project).
- I tilfeller ved avlusning med utstyr som krever trenging, pumping og håndtering av fisk, har flere oppdrettere erfaring med å flytte skjul til motsatt side av merd i forhold til avlusningsutstyret (se Bransjeveileder: Bruk og hold av leppefisk).

Rognkjeks

- Akvaplan-Niva undersøkte 15 transporter i 2015 – 2016 (Remen, 2017). Tall fra primærtransport viser blant annet:

- Fisketetthet i karene varierte fra 14 kg/m³ til 47 kg/m³, med gjennomsnitt 32,9 kg/m³
- Kun 1 av 15 primærtransporter brukte sedasjon under transporten.
- Temperatur start varierte fra 5,5 °C til 14,8 °C, med gjennomsnitt 8,8 °C.
- Temperatur slutt varierte fra 3,3 °C til 15,9 °C, med gjennomsnitt 9,2 °C.
- O₂ start varierte fra 78 % til 130 %, med gjennomsnitt 102,2 %.
- O₂ slutt varierte fra 86 % til 120 %, med gjennomsnitt 106,8 %.
- pH start varierte fra 7,3 til 7,9, med gjennomsnitt 7,5.
- pH slutt varierte fra 6,9 til 8, med gjennomsnitt 7,4.
- Skånsom og rask håndtering av fisken ved opplasting og lossing er viktig for velferd og overlevelse etter levering (Remen, 2017).
- Sedasjon ved transport ikke anbefalt da dette gjør at fisken ikke suger seg fast. Økt fare for skade og stress (Remen, 2017).
- Utsatt for skinnskader – forårsaker dødelighet.

Innblandingsprosent

5 % - justeres i forhold til lusesituasjon og tilgang på rensefisk (Skiftesvik et al., 2016b).

Berggylt

5 % - 5,9 % (Leclercq et al., 2014)

- Mange legger seg på 4 – 5 % på små berggylt og 3-5 % på store berggylt (Bransjeveileder: Bruk og hold av leppefisk).
- Ved innblanding av stor berggylt kan man vurdere å gå ned i prosent ettersom stor berggylt er veldig effektiv. Flere har erfart å oppnå effekt med kun 1 % innblanding av berggylt.

Rognkjeks

- 2 % - 15 %. Avhenger av temperatur, daglengde, historiske lusedata, rognkjeksstørrelse, tilgang på andre førkilder (Bransjeveileder: Bruk og hold av rognkjeks).
- 5 % på smolt (SalMar).

Selv om de rapporterte innblandingsprosentene er som vist over, har det de 2-3 siste årene blitt vanlig at oppdretterne bruker mer fisk (10-20 %). Det har imidlertid ikke lyktes å finne dokumentasjon på dette.

Sesongvariasjon

De fleste setter inn rensefisk etter lusepress; dvs flest rensefisk i nøtene utover høsten, spesielt fra 1. oktober (Bransjeveileder: Bruk og hold av leppefisk).

Berggylt

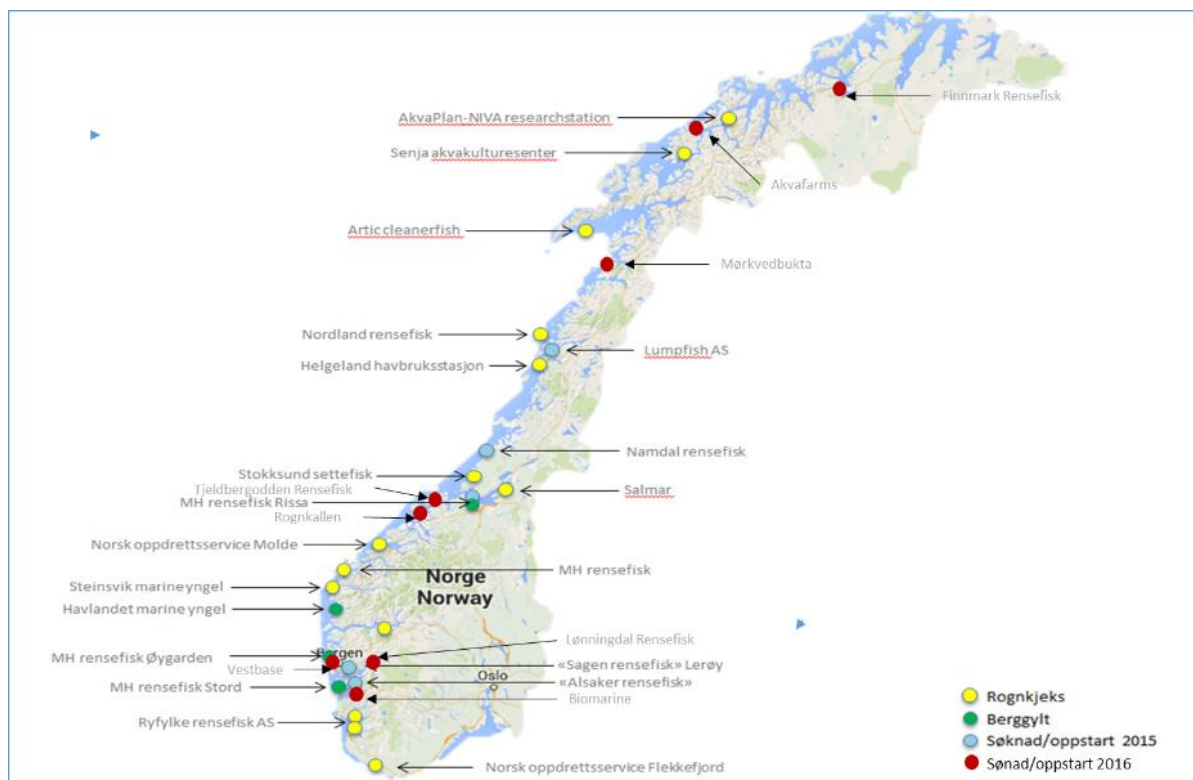
- Kommersielle aktører mener tre tiltak er viktige om vinteren: gode og mange skjul, uforstyrrede stabile miljøforhold om vinteren og unngåelse av rømning av leppefisken som følge av notskift.
- Noen rapporterer om aktivitet hele året, mens andre mener fisken går i en slags vinterdvale ved lave temperaturer. Det er observert begge.
- Overvintring er vanskelig ettersom fisken går i dvale ved lave temperaturer (Rensefisknytt, 2012) og trenger en ro som oppdrettsforholdene ikke kan gi.
- Utsettvindu (mai – november).
- Berggylt skal føres også om vinteren, også ved temperaturer under 6 °C, men observer atferd og fôr deretter (se Bransjeveileder: Overvintring av leppefisk).

Rognkjeks

- Aktiv hele året, ved temperaturer helt ned mot 3 °C. Begynner å sture ved 15-16 °C. Økt dødelighet ved temperaturer 14 – 15°C (Dahl, 2017).

- Rognkjeksen har vist seg å være effektiv som rensefisk på års-basis, også i mørketiden i Nord-Norge, og overvintring av rognkjeks i merd er uproblematisk, gitt at fisken er vaksinert og ved god helse ved utsett og at skjul- og fôr er tilgjengelig gjennom hele vinteren (Rensefisknytt, 2017).
- Kombinasjonsbruk av rognkjeks og luseskjørt sees som periodevis utfordrende. Dette grunnet problemer knyttet til lave oksygenverdier innenfor skjørtet, og liten vilje fra rognkjeksens side til å endre svømmedyp på tross av ugunstige miljøforhold i den øverste delen av vannsøylen (Rensefisknytt, 2017).

Geografisk variasjon



Figur 3 Geografisk fordeling av rensefisklokalteter i Norge i 2016. Rognkjeks er fordelt over hele landet mens Berggylt finnes sør for Trøndelag

Rensefisk størrelse og effektivitet

- Flere oppdrettere rapporterer at motivasjonen for å bruke rensefisk er at de ser at det virker. De opplever markant nedgang i lusetall etter hvert innsett av rensefisk (Heggen, 2017).
- Rensefisken spiser for det meste de største stadiene av lus, og spesielt hunnlus med eggstrenger (Skiftesvik et al., 2016a).
- Med høy nok ratio rensefisk:laks elimineres nødvendigheten av alternativ behandling. Tetthet avhenger av luseangrep (Groner et al., 2013).

Berggylt

- Berggylt – stor effektivitet og ingen forskjell på 23g, 43g og 74g fisk i beitegrad (Leclercq et al., 2014).
- Settes ut fra 12 – 15 mnd. etter klekking, alt etter størrelse (Havlandet).
- Effektiviteten øker med rene merder og skjul. Påvekstorganismer gjør at rensefisken beiter på disse istedenfor på lus (Deady et al., 1995; Skiftesvik et al., 2016a).

- Mest aktiv tidlig morgen og sen ettermiddag. Helt øverst i vannmassen er den også nattaktiv (Skiftesvik et al., 2016b).

Rognkjeks

- Effekt måles på bakgrunn av lusetall på lokaliteten, historiske lusetall, sonetall og overvåking av mageinnhold (ved obduksjon minst 6 timer etter beiting på 15 °C).
- Dagaktiv, spesielt morgen/formiddag (se Bransjeveileder: Bruk og hold av rognkjeks)
- Preferanse for store lus.
- Effekten som rensefisk er betydelig avtagende fra om lag 350 g (Rensefisknytt, 2017).
- Tilstedeværelse av andre fôrkilder enn lus- og marinpellet vil kunne føre til en betydelig reduksjon i beiteeffekten på lus (Rensefisknytt, 2017).
- Ikke noe forskjell på effektiviteten med 10 % eller 15 % innblanding av rognkjeks (54g) på laks (619g). Men signifikant effekt av rognkjeks kontra ikke rognkjeks (Imsland et al., 2014a,b).
- 28 % rognkjeks med lus i magen (Imsland et al., 2014a) (Imsland et al., 2014b).
- Familieforskjeller i grad av lusespising indikerer lusespising som arvbart egenskap (Imsland et al., 2016).

Skjul

Berggylt

- Berggylt bruker skjul mye for å få hvile.
- I naturen bruker berggylt tareskog og bergsprekker som skjul.



Foto: Synnøve Helland

Rognkjeks

- Se Bransjeveileder «Bruk og hold av rognkjeks» for instruksjoner.
- Rognkjeks bruker skjul for å finne sitteplass.
- Mange erfarer at rognkjeks liker skygge og glatte stive flater.
- Mange har gode erfaringer med gardinskjul som rensestasjon, men viktig med nok plass mellom skjulene slik at laksen kan svømme mellom skjulene.

Utfisking

Berggylt

- Skal aldri ligge tørt.
- Mørk tank med lokk stresser fisken minst.

Rognkjeks

- Det eksisterer i dag ingen gode kommersielle innfangningsmetoder for rognkjeks i merd. Imidlertid er lys som attraktant undersøkt i forsøk (Foss, 2017).

Gjenbruk

- Mattilsynet skriver på sine nettsider: «Vis stor varsemd ved gjenbruk av rensefisk. Ved gjenbruk må ein gjennomføre risikoreduserande tiltak som til dømes karantene. Sjuk rensefisk eller

rensefisk frå anlegg som har eller har hatt sjukdom skal ikkje brukast på nytt, men avlivast når produksjonsfisken i anlegget vert slakta ut. God helsekontroll i anlegget er difor særskilt viktig, slik at smittefare blir avdekket» (www.mattilsynet.no).

- Vanligvis gjenbrukes ikke rensefisk.

Fôring og vekst

Berggylt

- Fôres med kommersielt våtfôr.
- Fôres i skjulene (se Bransjeveileder: Bruk og hold av leppefisk).
- Berggylt - Yngel 5g-17g: SGR 0,63-1,02 %; Yngel 17-24g: SGR 0,68 % (Ingrid Overrein, Pers med).

Rognkjeks

- Fôring av rognkjeks larver skjer oftest med formulert tørrfôr av små partikler fra start, som gir mye fôrspill i karene og negativ effekt på tarmepitel og lever. Høy og varierende organisk belastning i systemet gir grobunn for oppblomstring av opportunistiske bakterier som kan gi sykdom. Om man bytter ut tørrfôr med hoppekrep (Acartia tonsa) får man høyere våtvekt, lengde og myotomhøyde. Man får bedre overlevelse og utvikling hos larvene. En annen positiv effekt er at man slipper å røkte kar så ofte og sparer tid og ressurser på dette (Dahle et al., 2017).
- Rognkjeks spiser kun fôr i bevegelse; mykfôr i strømpe anbefales ikke (Bransjeveileder: Bruk og hold av rognkjeks).
- Forsøk har vist at rognkjeks endrer preferanse til det som er tilgjengelig av fôr, inkludert laksepellets (Imsland et al., 2015).
- Flere fôrer rognkjeks i 2-4 timer og avslutter før laksen er ferdig med å spise. Da går rognkjeks tilbake til rensestasjonene før laksen er ferdig og er klar til å rense laksen når den kommer.
- Daglig utfôring av maks 2 % ved sjøtemperaturer over 10°C, og maks 1% om vinteren (Finnmark).
- Om man hopper over fôring en dag vil rognkjeks gå etter alternativ føde (groe, laksepellets, nappe på sår eller finner).



Foto: Terje Aamodt©Nofima

Effektiviteten av behandlingen

Hvilke stadier av lus foretrekker rensefisken?

Generelt spiser rensefisken for det meste de største stadiene av lus. Dette gjelder pre-adulte og adulte lus, og voksne hunnlus er mest utsatt for beiting (Skiftesvik et al., 2016a).

Berggylt

Berggylt er også mest interessert i å spise de parasittiske stadiene til lusa, og flere studier er utført i forhold til å optimalisere bruken når det gjelder mengde berggylt i forhold til smittepress (Groner et al., 2013). Ved å tilsette berggylt fikk en alltid lavere antall mobile lus (pre-adulte og adulte) etter tilsetning, mens det hadde variabel effekt på det fastsittende chalimus stadiet. Uten bruk av kjemisk behandling i tillegg til berggylt, økte chalimus mengden, da kjemisk behandling isolert sett kun virker på dette stadiet.

Rognkjeks

Et studie i merd utført på Gildeskål Forskningsstasjon AS (Willumsen, 2001), viste at rognkjeks spiste lus både ved å plukke lus av laks og ved å spise lus som oppholder seg fritt i vannmassene. Dette er lus som hopper fra/mellom laks når de kommet til det utviklingsstadiet der de kan bevege seg på laksen og mellom vertene. Et funn på 100 lus fra rognkjeks viste at 35 av disse var adulte hanner eller hunner, men det ble ikke funnet eggstrenger ved disseksjon. Grunnen til dette er nok at disse blir fordøyd raskere enn resten av lusa. Rognkjeks vil trolig foretrekke å beite på de største lusene (kjønnsmodne hunner) først, for å maksimere energioverskudd ved beiting og selvsagt også fordi disse er lettest å oppdage. Havforskningsrapporten 2016 (Skiftesvik et al. 2016a) viser og at det for det meste er de største stadiene av lus som spises av rensfisken. Spesielt hunnlus med eggstrenger forsvinner fort, noe som gir et lavt nivå av dette lusestadiet og som fører til lite smitte til omgivelsene.

Størrelse og innblandingsprosent

Når det gjelder innblandingsprosent av rensfisk generelt vil denne variere. Se også tidligere i dette kapittelet om innblandingsprosent.

Berggylt

Simuleringsstudier er utført for å bestemme optimal tetthet/innblanding av berggylt ved et gitt smittepress av lus. I et studie av Groner et al. (2013) ble effektiviteten til berggylt studert, kombinert med/uten kjemisk behandling. Effektiviteten til berggylt var høyere når tettheten var lav og det ytre lusepresset var høyt. Dette scenariet økte antall lus tilgjengelig for hver berggylt. Uten kjemisk behandling og ved lave tettheter av berggylt (forholdet 1:200, berggylt vs. laks) utgjorde måltidene til berggylt 80-100 % lus. Mens ved høyere tettheter (1:10) bestod måltidene lus totalt på 5-50 %. Når berggylt kontrollerer lusenivået på et nivå der en sjelden eller unngår kjemiske behandlinger, er spiseoppførselen generelt ganske ineffektiv. Ut fra dette vil det være viktig å gi tilleggsfôr når en har høy tetthet av berggylt, og når en bruker disse i kombinasjon med andre effektive behandlinger. En innblandingsprosent på 1-2 % berggylt er foreslått å være tilstrekkelig for avlusing, men en 4-5 % innblanding blir generelt anbefalt (Skiftesvik et al., 2013). I dette studiet ble oppdrettet versus vill berggylt testet med 5 % innblanding, og resultatene viste at oppdrettet berggylt var like effektiv som villfisken.

Størrelse på berggylt i forhold til dens lusespise-effektivitet er også studert (Leclercq et al., 2014). Anbefalt innblanding på 5 % ble brukt i dette studiet, og tre ulike størrelser ble testet ut (små; snittvekt 23.3g, medium; snittvekt 43.4g og store; snittvekt 74.6g). Lusetallene var ikke signifikant forskjellige mellom forsøkskarene, og det ble sett en reduksjon i lusetall fra ca. 12 til 0.4 etter maks 84 timer forsøksperiode. Dette forsøket viste altså at det ikke var noe fordelaktig å øke størrelsen på fisken, i alle fall ikke mer enn det som minimum kreves (10 cm) i forhold til å unngå rømming.

Rognkjeks

I følge oppdatert bransjeveileder for rognkjeks (Bruk og hold av rognkjeks, 23.02.17) er minstestørrelsen på denne ca. 30 gram ved utsett etter vaksinerings, men kan ha variasjon ned til 18-20g. Veilederen gir ingen klar anbefaling på innblandingsprosent, men at denne varierer fra 2 – 15 %. For best mulig effekt av rognkjeks må fokuset være på fiskens helse, velferd og optimalisert bruk. Da forlenges levetiden og dermed effekten av rognkjeks.

Innblandingsprosenten av rognkjeks kan og påvirke vekst og opptreden til laksen (Imsland et al., 2014b). Størrelsen på både laks og rognkjeks spiller inn. Alle tester viste at det var signifikant mindre fast-sittende lus i merdene der rognkjeks var tilstede. Tester med små rognkjeks (snittvekt 54g) innblandet 10 % og 15 % sammen med små laks (snittvekt 619g) førte til lave lusetall uten noen forskjeller på effektiviteten. Testen med større rognkjeks (snittvekt 360g) innblandet 5 % og 10 % med stor laks (snittvekt 2400g) hadde ikke samme positive effekt på lusetallet. De store rognkjeksene konkurrerte mer med laksen om pellets, og kan ha ført til at rognkjeksene kjønnsmodnes og spiser mer pellet enn forventet. I dette studiet viste resultatene at rognkjeksene konkurrerte med laksen om maten, og dermed hadde en negativ effekt på vekst og fôrutnyttelse til laksen. Lakselus beiteeffektivitet til rognkjeksene var i dette studiet størrelsesavhengig, der små rognkjeks var mer effektiv enn store rognkjeks. En oppsummering av lusetelling ved forsøkets slutt med de minste rognkjeksene (snittvekt på 54g) viste at 28 % av all rognkjeks hadde lus i magen (Imsland et al., 2014a).

I forhold til det arbeidet rognkjeksene skal gjøre i merden og effektiviteten til dette, er det vist at den trenger tilvenningstid. I forkant er det lurt å sikre rett innblandingsprosent allerede fra leverandør sin side. Det er også viktig å ha alt på plass før rognkjeksene kommer, og at alt utstyr er rent for å unngå at rognkjeksene beiter på andre ting enn lus. Rognkjeksene spiser seg mett på pellet ved fôringsstasjonen, og lakselus er derfor kun forrett og dessert. Mellom 10 % - 90 % av rognkjeksene er lusespisere (Nytrø, 2016).

Lusespising – arvelig betinget?

Siden det er vist at all rognkjeks ikke spiser lus, er det viktig å prøve å finne «superspisere» blant resten. For å sjekke dette nærmere er det gjort et forsøk med 9 familier rognkjeks produsert ved Senter for Marin Akvakultur (SMA) hos Nofima (Imsland et al., 2016). Rognkjeksene i forsøket hadde en snittvekt på 169,4 gram, og innblandingsprosenten var på 10 %. Signifikante forskjeller ble avdekket i forhold til matpreferanser, oppførsel og dødelighet. En familie skilte seg positivt ut i forhold til å preferere å spise pre-adulte og adulte lus. Både paternale og maternale effekter ble funnet, noe som igjen kan indikere at denne familieeffekten er genetisk betinget. Nofima har også gjort studier i forhold til å avdekke hvilke rognkjeks og rognkjeksfamilier som har mest lyst på lus (Mortensen et al., 2017). Dette som en oppfølging til nevnte forrige forsøk med 9 familier. Rognkjeks brukt i dette oppsettet var 1. generasjon produsert fra egen stamfisk. Resultatene viste store forskjeller mellom de 57 testede rognkjeksfamiliene, da i andel lusespisere per familie. Statistisk beregnet arvegrad på resultatene konkluderte med at avl for økt luseappetitt er mulig.



Renhold i merder – påvirkning på effekt av rensefisk

Effektiviteten til rensefisk generelt øker når merdene er godt rengjorte, og når rengjøringen følges opp jevnlig. Da har du et best mulig grunnlag for mer effektiv beiteadferd mot lus.

Berggylt

En økning i renseadferd ble observert hos berggylt når et begrodd nett i merden ble erstattet med et nytt og rengjort nett. Dette oppmuntret berggylten til å ville spise mer lus, i forhold til at en begrenset dens alternative matkilder (Deady et al., 1995; Skiftesvik et al., 2016b). Påvekstorganismer gjør at rensefisken beiter på disse i stedet for på lus. I samme studie av Deady (1995) så en også økt lusespising når lusepresset generelt økte, noe som bekrefter at berggylt fungerer ved behov når lusa er tilstede og gir smittepress.

Rognkjeks

Rognkjeks viser en opportunistisk adferd i forhold til spising, og svitsjer raskt over fra å beite på notveggen til å beite på frittlevende organismer eller laksepellet (Imstrand et al., 2014c). Den spesialiserte seg altså ikke på en enkelt matkilde hvis også andre kilder enn lus er tilstede. Rognkjeks i dette forsøket brukte begrenset tid på lusespising, men dette holdt likevel infeksjonsnivået nede. Signifikante forskjeller i lusenivå ble sett i merder med rognkjeks, sammenlignet med de uten rognkjeks. En annen forskjell observert hos rognkjeks, er at rognkjeks hviler mer når den ikke er sammen med laksen. Dette belyser også at det er viktig med nok skjul som fungerer, og der rognkjeks kan få hvile mellom renseøktene.

Erfaringer med bruk av rensefisk

Forankring fra topp til bunn er en forutsetning for å lykkes med bruk av rensefisk.

SalMar jobber i retning av en strategisk bruk av rensefisk (Dahl, 2017). De organiserer rensefisk-arbeidet med egne rensefisk-grupper, rensefisk-koordinatorer i hver region og egne rensefisk-ansvarlige på alle lokaliteter. De bruker ca. 5 % innblanding på smolten, og ser veldig god effekt av rognkjeks på lusepåslag helt inn i sommeren. De øker effekten av rensefisk ved å tilsette denne mer målrettet, og får en umiddelbar respons med reduksjon på bevegelige lusenivå. De har og et økt fokus på kvalitet på rensefisken, og får dermed redusert dødelighet.

I følge daglig leder ved Norsk Oppdrettsservice AS, Andreas Lindhom, må bruk av rensefisk læres (<http://www.skretting.com/nb-NO/arter/rognkjeks/resefisk-ma-lares/>). Han leverer rensefisk til mange anlegg, og ser at de som virkelig går inn for det, får det til. De som lykkes best, er de som går

inn for denne metoden med hele hjertet. Røkting av rensfisk er avgjørende, og oppfølging av denne (både berggylt og rognkjeks) er veldig viktig for å få god effekt av rensfisk. En annen viktig faktor som Lindhom belyser for å lykkes, er fôring av rognkjeks når det er lite lus. Nøtene må være rene og rognkjeks må tilbys skjul til hvile.

Mange oppdrettere opplever god effekt av å bruke rensfisk i kombinasjon med andre metoder, for eksempel luseskjørt og laser. I intervju med en oppdretter opplyser de at de bruker en kombinasjon av laser og oppdrettet/vill leppefisk. De opplever en god, men temperaturavhengig effekt på lus. De mener at ved høye vanntemperaturer (over 12-15 °C) står leppefisk for 70 % av lusefjerningen og laser for 30 %, mens ved lave temperaturer er effekt forholdet 10 % leppefisk og 90 % laser. Hele intervjuet med driftsleder fra «bruker 3» kan leses under kapittel 5.4.3.

Påvirkning på fisken

Påvirkning laks

- Ettersom bruk av rensfisk betyr at laks ikke håndteres ved avlusing, er dette bedre velferd for laks sammenlignet med avlusingsmetoder som inkluderer håndtering.
- Muligheten for smitte fra rensfisk til laks er større ved bruk av villfanget rensfisk sammenlignet med oppdrettet (Murray, 2016).
- Smitte mellom rensfisk og laks forekommer, spesielt fra parasitter (eks AGD), men det er mindre risiko for bakteriell og virus smitte (Johansen et al., 2016).
- Flere studier omhandler den evolusjonære utviklingen av rensfisk – vert interaksjon. Det er stor artsvariasjon i hvem som har mest gevinst av atferden, og i hvor stor grad den utføres. Graden av rensatferd (motivasjon) varierer også mellom individer, og etter om det rensfisk rens utgjør hovedføden eller ikke. Men generelt er det et samarbeid mellom klient og vert, som i hovedsak kan ses på som intraspesifikk kommunikasjon og mutualisme (Grutter, 1999; Krebs & Davies, 1987).

Rognkjeks – laks

- Dersom størrelsesforskjellen mellom laks og rognkjeks er liten kan de konkurrere om pellets (Imslund et al., 2016).
- Ingen påvist direkte aggresjon mellom laks (3,5 kg) og vill rognkjeks (11,2 g), der forholdet mellom laks og rognkjeks var 40 rognkjeks per 100 laks, men konkurranse om pellets ble observert i 31,8 % av tiden (Imslund et al., 2014c).
- Lite observert rensatferd hos rognkjeks (kun 0,2 % av tiden), men merder med rognkjeks hadde signifikant mindre lus pr laks enn merder uten rognkjeks (Imslund et al., 2014c).
- I et to-delt forsøk ble relasjonen mellom laks og rognkjeks studert. I forsøk 1 var laks 619 gram og rognkjeks 54 gram (10 og 15 % innblanding); mens i forsøk 2 var laks 2400 gram og rognkjeks 360 gram (5 og 10 % innblanding). I forsøk 2, der både laks og rognkjeks var større, var laksens FCR lavere og SGR høyere i merder uten rensfisk sammenlignet med merder med rensfisk (Imslund et al., 2014b).
- Når rognkjeks går alene i en merd bruker den mesteparten av tiden til å spise, mens når rognkjeks og laks går sammen, genereres et bredere spekter atferdsmønstre (Imslund et al., 2014c).

Berggylt - laks

- En sammenligning av flere rensfiskarter viste at berggylt er mer nærgående til laksen enn andre rensfisk arter. De svømmer innimellom laksene og søker seg til laksens overflate (Skiftesvik et al., 2016b).
- Aggresjon er påvist mellom smolt og grønnngylt/bergnebb rett etter introduksjon i merd (Deady et al., 1995). Tilsvarende studier på berggylt er ikke funnet.

Påvirkning rensefisk

- All fisk som blir oppbevart i fangenskap er omfattet av Akvakulturdriftsforskriften.
- Bruk og hold av rensefisk, både rognkjeks og berggylt innebærer store velferdsutfordringer hos rensefisken i merd. Eksempler i merd:
 - Sykdom – flere sykdommer truer rensefisken (se nedenfor) og utvikling av gode vaksiner og vaksinerutiner er nødvendig. Stamfisk screening er nødvendig.
 - Ofte får ikke rensefisken dekket sine behov for skjul – både rognkjeks og berggylt har behov for skjul for hvile og skjulested (se ovenfor).
 - Det finnes lite kunnskap om ernæringsbehovet hos rognkjeks og berggylt, og det er sannsynlig at de ikke får dekket sine ernæringsmessige behov. Da man begynte å ta i bruk rensefisk ble den ikke fôret, men nå har man erkjent at rensefisken må fôres og at lusespisingen økes ved bruk av tilleggsfôr. Mye tyder på at rognkjeks og berggylt ikke kan fôres med samme fôr.
 - Predatorer – i merdene er liten rensefisk utsatt for predasjon fra laksen.
 - Håndtering må holdes på et minimum. Eksempel 1) Transport og levering av rensefisk til merdene. Unngå transport i grov sjø. Følg rådene fra Bransjeveilederne og kunnskap fra forskning og andre oppdrettere. 2) Utfiske og tekniske løsninger og utstyr som er tilpasset rensefisken. 3) Unngå å stresse fisken ved not- og skjulvask, dette kan gjøres eks ved å flytte rensefisken til deler av merden som ikke berøres (se bransjeveiledere: Bruk og hold av leppefisk og rognkjeks).
 - Velferdsutfordring med bruk av rensefisk i tillegg til avlusningsmetoder som inkluderer håndtering. Rensefisken blir med i denne avlusningen om man ikke isolerer/fisker den opp.
 - Ved ferskvannsbehandling mot AGD vil det meste av rensefisk dø og dødeligheten er også høy i forbindelse med håndtering og behandling mot lakselus (Hjeltnes et al., 2017). Sørg for mulighet for å hente ut rensefisken før laksen behandles.
 - Tålegrenser for ulike miljøfaktorer: vanntemperatur, oksygen, tetthet, strømstyrke. Overvåking av miljøparametere under transport.
- I tillegg dør store mengder rensefisk i merdene, årsakene er ofte ukjente (se nedenfor).

Eventuell miljøpåvirkning

(Lerøy, 2016)

- Rømming av rensefisk forekommer:
 - Dersom maskevidden på laksenøtene er for stor i forhold til rensefisken.
 - Ved sortering, vaksinerings, pumping: Defekt eller ikke tilpasset vann ved avsiling, ved slangebrudd eller når slangekoplinger er defekte.
 - Ved levering.
 - Kan forekomme genetisk forurensning ved rømming av oppdrettet rensefisk.
- Ettersom skjulene må vaskes ofte, anbefales det å bruke not- og skjulvaskere som ikke bruker kjemikalier, men kun vann.
- Høy dødelighet hos rensefisk er et stort problem. Årsaken til dødeligheten er ofte ukjent, og det er også ofte uvisst hvor den døde fisken blir av. Faren for forråtnelse er stor og innebærer et potensielt miljøproblem.

Økonomi

Bruk av rensefisk er svært utbredt blant oppdretterne, og har blitt benyttet over relativt lang tid. Dette betyr at det finnes mye informasjon som kan anvendes for å vurdere kostnadene. Protokollene og praksis rundt bruken av rensefisken varierer betydelig mellom oppdretterne, slik at det er vanskelig å definere noen generelle kostnader ved bruk av rensefisk. Vi har intervjuet tre oppdrettere og benytter deres tilbakemeldinger i tillegg til andre kilder som utgangspunkt for å definere kostnadsposter og

parametere i en modell som beskriver kostnadene ved rensefiskbruk i et tenkt anlegg. Vi vil her estimere enhetskostnadene per slaktet kg for en generasjon.

Ressursbruken er primært knyttet til innkjøp og transport av rensefisk. Fisken krever skjul og relativt tett oppfølging med vask av skjul, fôring og generell kontroll. For at fisken skal spise lus kreves det ekstra renhold av nøter.

Basert på respondentenes informasjon har vi anslått innkjøpsprisen til 18-20 kr/stk. Antall fisk som settes inn varierer betydelig, både etter tilgjengelighet og behov. En av informantene ønsket så raskt som mulig etter utsett tilføre rensefisk som utgjorde 10 % av antall laks. Deretter tilføres det gjerne 2-3 % ny rensefisk hver 2-3 måned for å kompensere for den betydelige dødeligheten som oppleves. En annen informant hadde en utsettstrategi for rensefisken som inkluderte 5 % rognkjeks ved utsett i mars, 11 % leppefisk i juli/august, 5 % rognkjeks i perioden oktober-desember samt perioden januar-april og 9 % leppefisk i juli-august. En tredje informant hadde benyttet 5-10 % innblanding og ønsket å ligge på 6-8 %. En rapporterte at de gjenbrakte noe av rensefisken i nye utsett.

I vår modell forutsetter vi at det settes inn totalt 15 % rensefisk i løpet av hele produksjonssyklusen til en pris på 18 kr/stk. Vi har ikke tatt hensyn til gjenbruk av fisken. Det er betydelig variasjon i aktørens valg av innblanding, slik at vår kalkyle ikke vil være representativ for alle oppdrettere. Andre forutsetninger rundt dette og prisen på rensefisken vil lineært endre enhetskostnaden knyttet til denne posten. Transport av rensefisken ut til anlegget har vi basert på opplysninger fra en informant anslått til 2 kr/rensefisk. Også her vil det trolig være variasjoner mellom oppdrettere, avhengig av avtaler med leverandører, kjøpt mengde og avstand til lokaliteten.

Informantene gir også noe ulik tilbakemelding på arbeidsbehovet knyttet til hold av rensefisken. En anslo at 1 månedsverk per måned i produksjonen gikk med til røktingen. En annen opplyste at 1 person av totalt 5 på lokaliteten var rensefiskansvarlig, med tillegg av 1 person 1 dag i uken til vasking av skjul. Tredje informant anslo arbeidet til 3-6 timer per dag i gjennomsnitt. Fjerde informant rapporterte om at to personer på lokaliteten arbeidet primært med rensefisken. I vår modell forutsetter vi at det medgår ett månedsverk i gjennomsnitt over hele produksjonstiden på 18 mnd. og til en kostnad på 601.000 per årsverk.

Skjul er nødvendige for at rensefisken skal trives. Vi har anslått kostnadene per merd til 15.000 kr og en levetid på disse på 2 år. I tillegg kommer fôringsautomater til 20.000 kr/stk. som vi forventer å ha en levetid på 5 år.

Fisken krever fôr i tillegg til at den spiser lakselus og annet. En av informantene rapporterte om en tommelfingerregel der det ble fôret 2 kg rognkjeksfôr per merd per dag. I tillegg ble det fôret 1 strømpe med fôr til leppefisken per merd per dag. Dette tilsvarer om lag 11 tonn rognkjeksfôr i løpet av hele produksjonssyklusen. Vi har i en forenklet produksjonsmodell lagt til grunn en utfôring på 2 % av rensefiskbiomassen om sommeren og 1 % om vinteren. Prisen på fôret anslås til 20 kr/kg. Disse forutsetningene gir et totalt fôrforbruk og –kostnad på henholdsvis 13,1 tonn og 0,04 kr/kg produsert.

Bruk av rensefisk krever spesielt rene nøter for at fisken ikke skal beite på dyr og planter på notveggen og redusere spisingen av lakselus. Dette betyr at nøtene må vaskes eller byttes oftere enn de ellers ville blitt. Det er imidlertid svært vanskelig å estimere omfanget av dette. En av oppdretterne anslo at man uten rensefisk ville vaske hver 14.dag, og med rensefisk hver 10.dag. Dette gjaldt i sommerperioden med høy begroing. En annen informant rapporterte om at de hadde startet å bytte

nøter for å redusere vaskebehovet. Vi har i vår modell forutsatt at anlegget vaskes 6 ganger ekstra med renseskum til en kostnad av 20.000 kr/merd. Dette gir en enhetskostnad på 0,19 kr/kg produsert.

Kostnadene som er gjennomgått i teksten over er oppsummert i Tabell 6. Til sammen utgjør disse 1,12 kr/kg produsert laks. Den største posten er knyttet til innkjøp av fisken, fulgt av ekstra notvasking og arbeidsbehov.

Tabell 6 Modellerte enhetskostnader renseskum, kr/kg produsert fisk for en generasjon og lokalitet.

	Modellert enhetskostnad	Forutsetninger
Innkjøp renseskum	0,65	15 % total tilsatt, 18 kr/stk
Transport	0,07	2 kr/stk
Arbeid	0,15	1 mndverk/mnd, 18 mnd
Skjul/fôrautomat	0,02	35.000 kr/merd
Fôr	0,04	2 % utfôring, 20 kr/kg
Ekstra notvask	0,19	6 ganger, 20.000 kr/merd
Sum estimerte poster	1,12	

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Etttersom dette kapitlet fokuserer på oppdrettet renseskum, tar vi ikke hensyn til utfordringene forbundet med villfanget renseskum, som eks bærekraft. Flere kritiske momenter med håndtering, ernæring og annen drift som påvirker helse og velferd er belyst tidligere i dette kapitlet. I denne seksjonen fokuseres det på dødelighet, som utgjør det mest kritiske faktoren hos renseskum.

Dødelighet forårsaket av patogener

I og med at oppdrett og bruk av renseskum er en forholdsvis ung næring, kan det også forventes at flere nye sykdommer og patogener vil bli identifisert i fremtiden. Et økende antall forskjellige bakterier har allerede blitt anerkjent som patogener hos renseskum. Det er i tillegg påvist flere parasitter som kan forårsake sykdom (For oversikt over patogener påvist på renseskum, se Johansen et al. (2016)). Dødelighet forårsaket av virus sykdommer har ikke utgjort noe problem hos renseskum inntil nylig, men i 2016 ble et flavivirus gjentatte ganger rapportert påvist fra oppdrettet rognkjeks. Viruset blir ikke diagnostisert per i dag ved Veterinærinstituttet, men ansees av flere som et problem i produksjon av rognkjeks (Hjeltnes et al., 2017).

Bakterielle problemer representerer de største utfordringene i forhold til dødelighet hos renseskum. Det påvises årlig en rekke akutte sykdomsutbrudd etter bakteriell smitte og de hyppigst forekommende patogenene er atypisk *Aeromonas salmonicida*, *Vibrio anguillarum* og *Pasteurella sp.* (se tabell 7, etter Hjeltnes et al., 2017). Utvikling og utprøving av vaksiner spesielt til rognkjeks er i full gang, og mye av den oppdrettede rognkjeks i dag vaksineres mot én eller flere bakterielle agens, primært *V. anguillarum* og/eller atypisk *A. salmonicida*.

I tillegg til patogene bakterier er en rekke opportunistiske bakterier påvist i forbindelse med sykdomsutbrudd hos renseskum, og da spesielt ulike *Vibrio*-arter som er naturlig forekommende i det marine miljøet. Sub-optimale betingelser under transport og under opphold i laksemerdene pekes på som mulige årsaker til at renseskum blir mottagelig for bakterier som normalt ikke gir sykdom (Hjeltnes et al., 2017; Johansen et al., 2016).

AGD, forårsaket av parasitten *Paramoeba perurans*, er påvist ved flere tilfeller i renseskum i laksemerder, men også ved ett tilfelle på rognkjeks i kar på land. AGD på renseskum anses av noen som en utfordring, spesielt i sør. I tillegg er *Nucleospora cyclopteri* utbredt hos rognkjeks og i 2016 ble det for første gang

rapportert store problemer med skottelus (*Caligus elongatus*) på rognkjeks i laksemerder i Finnmark (Hjeltnes et al., 2017).

Smitte fra rensefisk til laks og vice versa

En vet foreløpig lite om smittespredning mellom rensefisk og laks. For flere patogener finnes det artsspesifikke varianter. Det er derfor mindre sannsynlig at smittespredning mellom arter skjer for disse patogenene, med mindre det forekommer en tilpasning til ny art over tid. Størst risiko for smitte mellom rensefisk og laks gjelder *P. perurans*, som ikke er artsspesifikk. Ulike scenarioer som kan medføre smittespredning kan være flytting av rensefisk til områder/regioner uten *P. perurans* på laksen. Hvis parasitten finnes på laksen i området allerede vil imidlertid smittepresset fra laksemerdene være enormt i forhold til smittepress fra rensefisken. Det er ved en del anledninger påvist klassisk furunkulose på rognkjeks og man antar at smitten kommer fra infisert villaks i området nær anleggene. All transport av levende organismer utgjør en risiko for spredning av sykdom fra et sted til et annet, og det er spesiell risiko ved flytting over store avstander (Johansen et al., 2016).

Det anbefales ikke gjenbruk av rensefisk på annen lokalitet da dette både kan spre ikke påviste sykdommer (rensefisk som mekanisk vektor) og øke risikoen for introduksjon av nye agens/sykdommer. Om gjenbruk skal praktiseres på samme lokalitet må helsestatus være god, man må utføre patogen screening og ha karantenetid i screeningperioden. All gjenbruk må gjøres i samråd med Mattilsynet og fiskehelsetjenestene. Karantenetid bør alltid brukes før rensefisken overføres til nye merder med laks, da en kan observere rensefiskens tilstand over noen uker etter at den er tatt ut fra laksemerd. Uten karantenetid bør den ikke gjenbrukes ut fra føre var prinsippet. Ser man bort fra eventuell smitterisiko, virker gjenbruk av overlevende rensefisk fornuftig siden disse fiskene antagelig har tilpasset seg forholdsvis bra til merdmiljøet. Dette vil også gi en bedre utnyttelse og dermed en mer bærekraftig bruk av den viktige ressursen som rensefisk representerer. Gitt at det ikke har vært påvist problemer med patogenoverføring fra rensefisk til laks i tidligere syklus, er den største risikoen ved slik gjenbruk muligheten for overføring av sykdomsfremkallende patogener fra laksepopulasjon nummer 1 til laksepopulasjon nummer 2 via gjenbrukt rensefisk enten ved passiv eller aktiv overføring (Johansen et al., 2016).

Rensefisk som rømmer i forbindelse med tømning av merd og rensefisk som står igjen fordi en ikke får fisket ut alt utgjør en smitterisiko. Suksessraten ved utfisking av rensefisk er variabel og metodene som benyttes er forskjellige fra anlegg til anlegg. Erfaringer rundt dette bør samles og det bør utarbeides en felles bransjestandard.

En kjenner ikke spesifikt til smitterisiko fra villfanget stamfisk for aktuelle rensefiskarter, selv om det er kjent fra andre arter at vertikal overføring av noen patogener kan forekomme. Status for villfanget stamfisk med hensyn til tilstedeværelse av potensielle patogener er i stor grad ukjent og det vil være begrenset mulighet til å påvise disse ved ikke-letal screeningmetodikk, selv om screening av rognvæske i noen grad kan avdekke tilstedeværelse av enkelte patogener. En kan bare undersøke for allerede kjente patogener, og ikke for hittil ukjente virus, bakterier og parasitter som disse artene vil kunne være bærere av. For å få bedre kontroll og redusere potensialet for smitteoverføring fra stamfisk til avkom, må det arbeides aktivt for å få etablert bruk av oppdrettet stamfisk. Selv om kontroll med smittestatus vil være bedre med oppdrettet stamfisk, bør det likevel etableres rutiner for screening.

Tabell 7

Påvisning og utvalgte sykdommer/agens hos oppdrettet og villfanget rensefisk 2012-2016 (Hjeltnes et al., 2017).

Rensefiskart	Sykdom/agens	Antall positive lokaliteter				
		2012	2013	2014	2015	2016
Rognkjeks	Atypisk <i>Aeromonas salmonicida</i>	1	8	5	51	27
	<i>Aeromonas salmonicida</i> subsp. <i>Salmonicida</i>	0	0	0	1	4
	<i>Vibrio anguillarum</i>	7	6	8	12	12
	<i>Vibrio ordalii</i>	3	4	1	3	1
	<i>Pasteurella</i> sp.	1	16	8	14	28
	<i>Pseudomonas anguilliseptica</i>	0	0	1	4	8
	AGD	0	0	2	2	8
Leppefisk	Atypisk <i>Aeromonas salmonicida</i>	12	13	16	32	18
	<i>Vibrio anguillarum</i>	6	6	6	2	2
	AGD	0	5	2	2	1

Foreslåtte tiltak for å redusere smitterisiko ved bruk av rensefisk (Johansen et al., 2016)

- Det viktigste tiltaket for å redusere risiko for sykdom og smittespredning er å gå over til å bruke kun oppdrettet, vaksinert rensefisk. Det må være et mål å kunne oppnå dette i løpet av en 3-5 års periode (2020 – 2022). Dette innebærer også bruk av oppdrettet stamfisk: det bør arbeides aktivt for å kunne innføre bruken av smittefrie, domestiserte stamfiskpopulasjoner i løpet av få år.
- Det bør iverksettes tiltak for mer effektivt å hindre rømming, og en bør ut fra et smitterisikoperspektiv ikke slippe ut rensefisk etter bruk.
- Det anbefales ikke gjenbruk av rensefisk på annen lokalitet, da dette både kan spre uoppdagede sykdommer (rensefisk som mekanisk vektor) og øke risikoen for introduksjon av nye agens/sykdommer. Om gjenbruk skal praktiseres på samme lokalitet må helsestatus være god, man må gjennomføre screening for kjente patogener og ha karantenetid for å øke mulighetene for påvisning av eventuelle patogener. All gjenbruk må gjøres i samråd med Mattilsynet og fiskehelsetjenestene. I forhold til karantenetid må gjeldende regelverk for hold av rensefisk i merd vurderes.
- Vi anbefaler å innføre felles retningslinjer for uttak av rensefisk fra merd i forbindelse med operasjoner som for eksempel behandling, sanering, slakting eller flytting av laksefisk. Rensefisk som rømmer i forbindelse med tømning av merd og rensefisk som står igjen fordi en ikke får fisket ut alt utgjør en smitterisiko. Erfaringer rundt dette bør samles og det bør utarbeides en felles bransjestandard.
- Det er forbedringspotensialer når det gjelder helseattestasjonen som utføres på rensefisk i forhold til å redusere smitterisiko. Screening ved bruk av PCR-metoder er sensitive og bør benyttes i større grad. En vil imidlertid bare kunne identifisere kjente patogener med disse metodene. Spesielt bør det screenes for *P. perurans* for å hindre utbredelse til usmittede laksepopulasjoner og til AGD frie regioner.
- Karantene i kombinasjon med screening vil øke sjansen for påvisning av kjente patogener, men lovverket er til hinder for bruk av karantene i dag. Ansvarlige myndigheter og brukere av rensefisk må derfor gå sammen for å finne lovmessige og praktiske løsninger på denne utfordringen.
- Ved påvisning av eksotisk listeført agens/sykdom (for eksempel VHSV/VHS) vil nedslakting og sanering være aktuelle tiltak. Det er et behov for en utredning omkring hva som blir konsekvensene for laksefisk ved påvisning av patogener hos rensefisk som regnes som eksotiske.
- Ved sykdomsutbrudd er sporbarhet svært viktig for å kunne begrense og hindre smittespredning. I dag er det vanskelig å spore opphav og distribusjon av rensefisk, egg og larver, noe som er nødvendig for å finne smittetidspunkt. Det er derfor helt nødvendig å innføre gode rutiner både hos produsentene og brukerne av rensefisk for å kunne fremskaffe relevant informasjon.

Andre dødsårsaker

Utenom dødelighet knyttet til sykdom forårsaket av patogener, rapporteres det om problemer knyttet til ernæring og miljø med påfølgende dødelighet. Driftsmessige problemer i anlegget knyttet til vær, hyppige dødfiskoptak av laks, notvask, flytting av fisk eller medikamentell behandling av laks mot lus og AGD bidrar også alle til dødelighet på rensefisk.

Tabell 8 Årsaker til dødelighet - symptomer og størrelse på problemet.

Årsak	Symptomer	Art	Størrelse på problem	Referanse
Sår og finneråte		Rognkjeks og berggyllt	18%	(Biering, 2015)
Bakterielle infeksjoner		Rognkjeks og berggyllt	14%	(Biering, 2015)
Bakterielle infeksjoner	Finneråte, nedsatt appetitt, hvite knuter i huden, katarakt, gjellebetennelse. Endret fenotype, endret atferd	Rognkjeks	Opptil 52%	(Bornø et al., 2016)
Mekanisk skade		Rognkjeks og berggyllt	6%	(Biering, 2015)
Transport	Slapp og medtatt, sviming	Rognkjeks		(Bornø et al., 2016)
Høy tetthet i kar	Sår, finneslitasje, finnebiting	Rognkjeks		(Bornø et al., 2016)
Kjønnsmodning		Rognkjeks og berggyllt	3%	(Biering, 2015)
«Uten diagnose»		Rognkjeks og berggyllt	56%	(Biering, 2015)
Predasjon fra laks			Stort når stor størrelse forskjell laks og rensefisk	
Tap på grunn av at fisken svømmer ut gjennom masker eller blir spist				(Deady et al., 1995)

Sammendrag fra intervju med tre oppdrettere som bruker oppdrettet rognkjeks og berggyllt, og vill leppefisk

Fast personell med ansvar for rensefisken

Det betraktes som svært viktig at det på alle lokaliteter er avsatt ressurser til at det er faste folk som har ansvar for rensefisken. Dette inkluderer mottak av fisk, fôring, ettersyn automater, overvåking av rensefisken, oppfølging av velferd hos rensefisken, tørking av nøter, koordinering av notspyling mm. Vilje til å avsette ressurser, både i form av personell og investeringer i nødvendig utstyr, blir betraktet som en viktig motivator for ansatte på de ulike lokalitetene.

Rensefisk av god kvalitet

Ideelt sett bør både berggyllt og rognkjeks sorteres strengt før overføring til sjø. Knapp tilgang på oppdrettet rensefisk fører til at dette ikke gjennomføres i stor nok grad per i dag. Det er imidlertid viktig at mottaker får informasjon om historikken til fisken. Har det vært alvorlige sykdomsutbrudd i

ungelanlegget kan fisken være svekket, og det bør vurderes om den bør settes i merd. For begge arter bør en kyndig person før utsett gå gjennom et visst antall fisk (f.eks. 100 stk.) for å vurdere helsetilstand og ytre velferdsskår. Etter hvert bør det komme på plass en standardisert metode for å vurdere velferdsindikatorer hos rensefisk (ref. FHF-prosjektet RENSVEL).

Rognkjeks må vaksineres. Det finnes i dag vaksiner tilgjengelige som har vist god effekt. Rognkjeks bør være 10 gram i snitt ved vaksinerings, og det er viktig å overholde anbefalingen om en tilbakeholdelsestid på 450-500 døgngrader før fisken overføres til merd. Dette for å gi yngelen tilstrekkelig tid til å utvikle full immunitet. Settes fisken i merd før dette er det stor risiko for at vaksinen ikke fungerer som forventet, og en kan oppleve utbrudd av for eksempel Atypisk furunkulose.

For berggyllt finnes det per i dag ikke kommersielle vaksiner tilgjengelige. Det gjøres forsøk med autogene vaksiner som testes ut i forsøksskala. Denne arten ser imidlertid ut til å være mindre utsatt for sykdom i sjø enn rognkjeks. For berggyllt er det viktig at fisken er i godt hold, og uten deformiteter ved utsett i merd. Deformiteter i hode/kjevpartiet kan være et problem hos berggyllt. I tillegg til at det er et velferdsmessig problem kan slike deformiteter gjøre fisken mindre effektiv som lusespiser.

Forberedelser før utsett av rensefisk i merd

Skjul må være på plass før rensefisen settes ut i merden. Tareskjul er den type skjul som benyttes mest både til rognkjeks og leppefisk, men antall skjul, og måten skjulene plasseres i merdene varierer. Det finnes ikke dokumentasjon på hva som er mest effektiv plassering. Enkelte mener at det er viktig å plassere skjulene slik at det dannes korridorer hvor laksen kan passere, og som skaper kort avstand mellom laks og rensefisk.

Rognkjeks ser ut til å være mindre nervøs enn berggyllt ved overføring av merd, og har mindre tendens til å søke mot bunnen av merden. Det anbefales å plassere skjul nær notveggen ved utsett av rognkjeks, gjerne en ring av skjul som er samlet i bunnen. Rognkjeks kan da settes ut i skjulet, og søker etter kort tid ut av skjulet. Skjulet kan gjerne stå plassert nær notveggen 2-3 dager etter utsett dersom dette lar seg gjøre uten å skade notveggen.

Berggyllt reagere ofte nervøst ved overføring til merd, og både oppdrettet berggyllt og villfanget leppefisk søker ofte ned mot bunnen av nota like etter utsett. Det anbefales derfor å benytte en mindre mottaksmerd med fluktåpninger hvor fisken selv kan søke ut i merden etter hvert som den roer seg.

Fôr, fôring og fôringsautomater

Det er viktig at rensefisken kommer i spising så raskt som mulig etter utsett i merd. Det er derfor viktig at automater er plassert ut og kontrollert før fisken settes ut. Det er ulike typer automater kommersielt tilgjengelig, og en del anlegg har konstruert egne utfôringsenheter. Det er viktig at automatene er pålitelige, lette å fylle, og at de kan tåle dårlig vær og lave temperaturer. Det anbefales at automatene plasseres over skjulene hvor rensefisken oppholder seg det meste av tiden. Antall fôringspunkter vil variere med notstørrelse og plassering av skjulene, men det er viktig å tenke på at fôret skal være lett tilgjengelig.

Kunnskap om optimal fôrsammensetning og fôringsstrategi er i dag mangelfull. Det er likevel viktig å etterstrebe godt fôropptak. Mange benytter daglig fôring med tørrfôr fra automat i en kort periode på 2-3 timer. Andre benytter «pølser» med mykfôr tilsatt reker/krill som henges ut i merdene. Dersom denne metoden velges må utstyr for oppheng være på plass før rensefisken settes i merden. Mykfôr er spesielt aktuelt for berggyllt som er kresen på fôret. Spiseaktiviteten kan overvåkes ved hjelp av

kamera. For berggylt kan det være riktig å tilleggsfôre med reker en kort periode dersom de ikke kommer raskt i gang med spising. Avmagring er den viktigste kjente dødsårsaken for berggylt i merd, det er derfor viktig å få opp fôropptaket raskest mulig etter utsett.

Det finnes spesielle lusefôr på markedet. Erfaringene med bruk av slike fôr er blandede. Enkelte anlegg mener at det kan være en fordel å benytte denne type fôr i forbindelse med vårutsett av smolt. De mener at det da går lengre tid før de eventuelt må foreta avlusing.

Sekundærtransport

Det benyttes ulike metoder for overføring av rensefisk til merd:

- Brønnbåt hvor fisken håves eller pumpes over i merden.
- Transport med bil som settes på ferje som kjører fram til merden for lossing.
- Transport med bil, deretter overføring til mindre transport kar på arbeidsbåt. Denne metoden involverer ofte håving.

Sekundærtransporten anses av mange som en kritisk operasjon for overlevelsen av rensefisken. Det anbefales derfor å organisere transporten slik at det blir minst mulig håndtering av fisken.

Værforhold/årstid ved utsett i merd

Utsett av rognkjeks og berggylt bør unngås på dager med dårlig vær. For berggylt kan det også være viktig å unngå utsett når det er store temperatursprang mellom overflate og notbunn.

Berggylt fungerer best ved moderate og høye temperaturer. Det er ønskelig å sette ut berggylt sent på våren/forsommeren slik at den kan fungere som lusespiser i den varmeste perioden. Det er lite gunstig å sette ut berggylt på vinteren fordi den da gjerne går inn i en dvalelignende tilstand hvor den er lite aktiv som lusespiser, og det kan også være vanskelig å få den til å overleve ved lave vintertemperaturer.

Rognkjeks ser ut til å være mer aktiv som lusespiser ved lave temperaturer, selv om enkelte anlegg rapporterer god effekt også ved temperaturer opp mot 16-17°C. Mange har observert at rognkjeks interesserer seg mer for andre byttedyr når temperaturen øker. Det kan derfor være gunstig å sette ut rognkjeks på senhøsten slik at den kan fungere som lusespiser gjennom den kaldeste perioden.

Tørking av skjul

Det er viktig at skjulene henges til tork jevnlig for å unngå begroing. De fleste benytter faste intervaller hvor alle nøter på en lokalitet skal være tørket i løpet av 14 dager. Det må imidlertid kontinuerlig vurderes om det er nødvendig med hyppigere tørking. På den kaldeste tiden med mindre begroing kan det være gunstig å la skjulene stå i ro opp til 4-5 uker for å gi leppefisken ro. Dette sammenfaller med perioden/temperaturen hvor leppefisken er svært passiv.

Spyling av notvegg

Jevnlig spyling av notveggen er viktig for at rensefisken skal holde fokus på lakselus. Mange benytter et intervall på 14 dager mellom hver spyling, men nøtene må spyles oftere ved behov. Hyppigheten vil også avhenge av tid for notskifte, type impregnering m.m. I denne sammenheng er det viktig at det er dedikert personell som har ansvaret, og som følger begroingen av nøtene kontinuerlig.

Oksygen i merd

Lavt oksygen i merd er ikke betraktet som en kritisk faktor ved bruk av rensefisk, men det er i produksjonsfasen observert at appetitten går ned når oksygenivået går under 90 %. Lavere oksygenverdier kan derfor tenkes å påvirke aktiviteten som lusespiser. Berggylt ser ut til å ha

oksygenbehov mer likt laks (80-100 %). Fordi rognkjeks gjerne oppholder seg nært overflaten kan det ved bruk av skjørt i kombinasjon med rognkjeks være fordelaktig å redusere dybden på skjørtet hvis oksygenverdiene er lave.

Avlusinger – andre metoder

Avlusing ved bruk av hydrogenperoksid forårsaker stor dødelighet hos rensefisken, og bør derfor unngås. Dersom en likevel velger slik behandling er det viktig at rensefisken fiskes ut før behandlingen starter.

Trenging i forbindelse med spyling eller varmebehandling betraktes av mange som en av de mest kritiske faktorene for overlevelse hos rensefisk. Det er flere metoder for trenging og pumping som benyttes, og det er viktig å finne en metode som skåner rensefisken mest mulig. Helst bør rensefisken tas ut av merden i forkant. Det finnes god informasjon om trenging av fisk i forbindelse med slakting som bør kunne overføres til trenging ved lusebehandling.

Dersom rensefisken ikke fjernes før behandling fører metoder hvor laksen spyles til stor dødelighet hos rensefisken. Metoder med kortvarig varmebehandling ser ut til å være mer skånsom, men generelt bør rensefisken fiskes ut på forhånd slik at denne håndteringen unngås.

Gjenbruk

Rensefisk kan gjenbrukes i nøter på samme lokalitet. Dette kan gjøres ved at rensefisken fiskes ut fra nøter som skal tømmes, og overføres til nøter på samme lokalitet. Mangel på gode og effektive metoder for utfisking av rensefisk fra laksemerder er en utfordring.

Ved brakklegging av en lokalitet må rensefisken avlives.

Nottype

Mange foretrekker spagettinot fordi denne har en rett vegg med stor lengde, noe som gir større frihet når det gjelder plassering av skjulene uten å skade notveggen.

Beste praksis med oppdrettet berggylt og rognkjeks

Se også Bransjeveilederne som gir gode råd om beste praksis.

Denne beskrivelsen av beste praksis med bruk av rensefisk omhandler oppdrettet berggylt og rognkjeks. Begrunnelsen for dette er at vi er av den formening at oppdrettet rensefisk bør brukes (se «opphav» nedenfor). Imidlertid er det mange som bruker villfanget leppefisk (eksempelvis berggylt, bergnebb, grønngylt, grasgylt og rødnebb). For beste praksis med bruk av vill rensefisk, henvises det til Bransjeveilederne (<http://lusedata.no/for-naeringen/veiledere-leppefisk/>). Det har ikke lyktes oss å finne gode tall på bruk av oppdrettet vs. villfanget rensefisk. Ut fra tabell 4 (Utsett (bruk) av oppdrettet og villfanget rensefisk) og tabell 5 (Salg av oppdrettet rensefisk) ser det ut til at antallet oppdrettet rognkjeks og berggylt er mindre enn oppdrettet og villfanget til sammen av samme art. I følge fiskeridirektoratet (Pers.med) er det stor usikkerhet i tallene bak tabell 4, grunnet svinn (eks dødelighet under transport), men også feilrapportering. I tilfeller der både oppdrettet og villfanget er brukt, vet oppdretterne ofte ikke hvor mye det er av hver og de kjenner ofte ikke fisken sin historikk (Fiskeridirektoratet, Pers. med). Tallene for 2016 vil bli gjort tilgjengelig i slutten av mai 2017.

Personell

- For å sikre effektivitet av metode og velferd til fisken er det viktig at det settes av folk på anleggene som får tid til å jobbe med rensefisk, og som har kunnskap og dedikasjon til oppgaven.
- Det er viktig at personell kjenner fisken sin historikk for å avdekke tidligere sykdomshistorie og dermed sikre effektivitet, overlevelse og helse/velferd.

Opphav

Det bør i størst mulig grad brukes 100 % oppdrettet rensefisk, det vil si også oppdrettet stamfisk. Årsaken til denne anbefalingen er:

- På sikt vil avl og seleksjon bli et viktig forebyggende verktøy for å øke effektivitet og hindre kritiske faktorer.
- Oppdrettet rensefisk kan vaksineres.
- Mer effektiv oppdrett av rensefisk vil på sikt redusere behovet for det store antall rensefisk som brukes i dag.
- Bruk av vill rensefisk dekker ikke dagens behov for antall.
- Bruk av vill rensefisk er ikke miljømessig bærekraftig.

De positive effektene av å bruke oppdrettet rensefisk må balanseres mot negative effekter av rømt oppdrettet rensefisk (se paragraf «Eventuell miljøpåvirkning» av rensefisk).

Håndtering

- Minimal håndtering av all rensefisk.
 - Berggyllt tåler lite håndtering og endringer i miljø.
 - I tilfeller der annen avlusning som inkluderer håndtering eller kjemikalier blir brukt bør rensefisken fiskes opp eller isoleres i egne merder borte fra avlusning.
- Utsett – ikke på dager med dårlig vær, eller ved store temperaturforskjeller mellom overflate og notbunn (Sp. berggyllt).
 - Berggyllt: sent på våren/forsommeren; fungerer da som lusespiser i den varmeste perioden.
 - Rognkjeks: senhøsten; fungerer som lusespiser gjennom den kaldeste perioden.
- Sedasjon
 - Berggyllt – Sedasjon ved transport er brukt og anbefalt. Eksempel med Aqui-S (2,5 - 3 mg/l eller MS222 (maks 150 mg/l).
 - Rognkjeks - Sedasjon ved transport er ikke anbefalt da dette gjør at fisken ikke suger seg fast. Økt fare for skade og stress.
- Sortering av fisk med tanke på økt kvalitet før utsett anbefales.

Innblandingsprosent

Berggyllt

- Mange legger seg på 4 – 5 % for små berggyllt og 3-5 % for store berggyllt.
- Ved innblanding av stor berggyllt kan man vurdere å gå ned i prosent ettersom stor berggyllt er veldig effektiv.

Rognkjeks

- 2- 15 %. Avhenger av temperatur, daglengde, historiske lusedata, rognkjeksstørrelse, tilgang på andre fôrkilder.

Sesongvariasjon

- De fleste setter inn rensefisk etter lusepress; dvs. flest rensefisk i nøtene utover høsten, spesielt fra 1. oktober.

- Anbefales å holde rensefisken i merd hele året. Bransjeveilederne gir gode råd om hvordan både rognkjeks og berggylt kan holdes og trives hele året med riktig fôring og skjul.

Skjul

- Vasking av skjul – både hos rognkjeks og berggylt må skjulene være rene, se Bransjeveiledere for type skjul og rengjøring.
- Sett ut skjulene før rensefisken ankommer.
 - a. Berggylt: benytt mindre mottaksmerd med fluktåpninger hvor fisken kan søke ut i merden etter hvert som den roer seg.
 - b. Rognkjeks: plasser skjul nær notveggen ved utsett, gjerne en ring av skjul som er samlet i bunnen.
- Rognkjeks må ha mange og glatte skjul da fisken er avhengig av sitteplass.
- Berggylt bruker skjul for å finne hvile og skjul.
- Viktig med nok plass mellom skjulene slik at laksen kan svømme mellom skjulene og bruke dem som rensestasjon.

Fôring og vekst

- All rensefisk skal fôres med artsriktig fôr.
- Fôres hele året. Mengde utfôret avhenger av temperatur.
- Fôrautomater må plasseres ut og kontrolleres før rensefisken settes ut.
- Fôres før laksen slik at den er klar for renseoppgaven når laksen er ferdigspist.

Effektivitet

I tillegg til alle punkt nevnt ovenfor kan vi nevne spesielt:

- Generelt øker effektiviteten når skjul og nøter er rene.
- God effekt er avhengig av at fisken trives; har god helse og velferd.
- Ved optimal bruk kan effektiviteten beholdes og velferden forbedres selv ved å begrense antall rensefisk.

Berggylt

- Effektiv lusespiser, uten klare størrelsesforskjeller.
- Mest aktiv tidlig morgen og sen ettermiddag. Nattaktiv i de øverste vannmassene.

Rognkjeks

- Effekten som rensefisk er betydelig avtagende fra ca. 350 g.
- Dagaktiv, spesielt morgen/formiddag.

Tiltak for å redusere smitterisiko

- Det viktigste tiltaket for å redusere risiko for sykdom og smittespredning er å gå over til å bruke kun oppdrettet, vaksinert rensefisk.
- Det bør iverksettes tiltak for mer effektivt å hindre rømming.
- Det anbefales ikke gjenbruk av rensefisk på annen lokalitet.
- Utstedelse av helseattestasjonen med screening ved bruk av PCR-metoder er sensitive og bør benyttes i større grad for å redusere smitterisiko.
- Karantene i kombinasjon med screening vil øke sjansen for påvisning av kjente patogener.
- Det er behov for en utredning omkring hva som blir konsekvensene for laksefisk ved påvisning av patogener hos rensefisk som regnes som eksotiske.
- Ved sykdomsutbrudd er sporbarhet svært viktig for å kunne begrense og hindre smittespredning.

5.3.2 Laser

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Denne metoden er ment å virke ved at en målrettet laser kontinuerlig fjerner lusa fra fisken. Metoden involverer ikke bruk av medikamenter eller kjemikalier og den krever ingen håndtering av laksen.

Selskapet Stingray utviklet denne metode for Optisk avlusing™, også kjent som laser mot lus. De mekaniske komponentene består av en node, nodekabel, merdskap og fôrflåteskap. Ved hjelp av et stereo kamerasyn, avansert programvare og målrettet laser skal lusa fjernes fra fisken kontinuerlig og helautomatisk, ifølge produsenten. Stereokameraet og den egenutviklede programvaren skal detektere lus når laksen svømmer inne i merden. En guidet laserpuls på opptil 150 millisekunder "pulser" direkte på hver individuell lus. Lusa skal, ifølge produsenten, bli truffet med dødelig utfall og koagulerer innen millisekunder.

I en presentasjon forteller leverandøren at de har utført vitenskapelige forsøk i samarbeid med næringa som har gitt gode resultater og der flere anlegg har spart alternative behandlinger (badebehandling og Slice) (Breivik, 2017). Presentasjonen viser også effekt av laser brukt sammen med luseskjørt og rensefisk. Disse vitenskapelige forsøkene er imidlertid ikke verifiserte. Selskapet anbefalte to lasere per merd for å få ønsket effekt.

Det ble i dette prosjektet foretatt tre intervjuer av oppdrettere (heretter kalt bruker 1, 2 og 3) som har vært med på uttesting av laseren og som bruker laser i dag. En av dem brukte laser som eneste metode, de to andre brukte laser i kombinasjon med rensefisk. Det poengteres at uttalelsene fra intervjuobjektene her, som i resten av rapporten ikke kan anses som vitenskapelig dokumentasjon, men som subjektiv erfaring fra oppdrettere som bruker metodene. Når laser brukes i kombinasjon med rensefisk er det ikke mulig å skille ut effekten av laser.

Driftssjefene ved bruker 1 og 2 fortalte at selve monteringen og bruken av laseren var enkel. Laseren ble hengt i kabler over merden, og den kunne flyttes fram og tilbake, og opp og ned. De måtte skaffe strøm og internettilforbindelse. Laseren sto i merden kontinuerlig i perioden under uttestinga. En brukerveiledning kom ikke lenge etter oppstart. Et av anleggene lagde seg egne interne rutiner for vask, stell og ettersyn. Laseren krevde noe vedlikehold i forhold til begroing. Hvor ofte den måtte spyles var avhengig av perioden på året, men to-tre ganger per mnd. vår, sommer og høst måtte påregnes. På vinteren kunne laseren stå minst en måned før det er nødvendig med spyling. Vask og vedlikehold tok ca. en halvtime til én time per enhet.

Bruker 1 testet laseren i tre merder, én laser i hver merd, fra oktober 2015 til juni 2016, og bruk 2 testet laseren i seks merder, én laser i hver merd, fra april 2015 til mars 2016. Sistnevnte brukte også villfanga berggylt i kombinasjon med laseren, samt et funksjonelt fôr som skulle øke slimlaget. Begge meddelte under intervjuet at fisken burde være over 1 kg for at laseren skal kunne brukes da den ikke ville fungere så godt på liten og rask fisk.

Driftssjef ved bruker 3 forteller i et intervju at de kjøpte inn 6 lasere fra Stingray våren 2015 og ytterligere 4 på høsten. Innkjøpene ble gjort sammen med en annen bruker. På det tidspunktet følte de at investeringene var store i forhold til utbytte, men de ønsket å satse på dette selv om metoden ikke fungerte optimalt enda. De mente at det var viktig å være med å utvikle denne teknologien ettersom de så et stort behov for en metode for avlusing som kunne være skånsom og som ikke krevde sulting og håndtering av fisk.

Bruker 3 har gjort seg en god del erfaringer med bruk av laser i kombinasjon med rensefisk. Når det gjelder størrelsen på fisken så også de at fisken burde være over ca. 1 kg for at laseren skulle brukes da den ikke ville fungere så godt på liten og rask fisk. I tillegg har man liten biomasse i ei not når fisken er liten, slik at fisken da sannsynligvis ville velge å plassere seg andre steder i nota enn framfor laserne. Når fisken er stor svømmer den stort sett i sirkel og vil passere laserne mange ganger i døgnet. Videre har bruker 3 erfart at det ikke er noe fasit angående antall lasere per merd. Det er generelt store variasjoner når det gjelder smittepress, både mellom lokaliteter, og fra merd til merd. De ytterste merdene, de mest strømutsatte, har mest lus. Antall lasere må derfor tilpasses til hver enkelt lokalitet, og det er mye prøving og feiling hele veien f.eks. når det gjelder plassering, skal den plasseres bak eller foran strømmen, og dybden.

Angående vedlikehold fortalte bruker 3 at laseren måtte spyles av og til, spesielt om sommeren og høsten. Det har også vært utfordringer med de første kablene og andre deler som må skiftes ut. Det var viktig å ha et godt og solid elektrisk anlegg som tåler den ekstra belastningen laserne gir. Det elektriske anlegget må ha kapasitet til å håndtere dette systemet i tillegg til alt annet som krever strøm. Det kreves også at det finnes en god internetttilgang. De forteller videre at Stingray for øvrig stiller fort opp ved behov.

Effektiviteten av behandlinga

Det finnes lite vitenskapelig dokumentasjon på effekten av denne metoden for avlusing. Det er også noen anlegg som forteller at de har valgt bort denne metoden for lusekontroll da de mener at den ikke har gitt god nok effekt. Det ble foretatt intervju med tre brukere av metoden. To av intervjuobjektene brukte også rensefisk i tillegg til lasere, noe som gjør det vanskelig å skille mellom effekten av rensefisk og laser. Bruker 1, som brukte kun laser, mente de ikke kunne se noen effekt av denne metoden på bevegelige lus, men poengterte at dette kanskje ville ha vært annerledes dersom de hadde testet den over lengre tid. Bruker 2 fortalte at det historisk sett var lavt smittepress i området, og at laseren og berggylta klarte å holde lusenivået nede. I begge anleggene ble lus telt i alle merdene. Siden sistnevnte brukte en kombinasjon av laser og berggylt klarte de ikke å se effekten av laseren isolert sett, men det kunne se ut som at det var færre lus som gikk fra bevegelig til kjønnsmoden sammenlignet med bare leppefisk, da med bruk av den siste versjon av laser.

Bruker 1 måtte gjennomføre flere ikke-planlagt avlusinger i testperioden. De brukte avlusing med Hydrolicer to ganger per merd og de brukte hydrogenperoksid tre ganger per merd, totalt 5 avlusinger i perioden. Bruker 2, som brukte laser i kombinasjon med rensefisk, måtte avluse ved hjelp av hydrogenperoksid én gang under testperioden.

Bruker 3 fortalte at fra høstutsettet 2015 hadde lokaliteten fisk i 12 merder, og etter juli 2016 ble 10 av merdene installert med laser. I dette anlegget kombinerte de laser med oppdrettet og villfanga leppefisk. Den oppdretta arten som ble satt ut i 2016 var berggylt fra Sunnfjord Rensefisk. Den villfanga leppefisken var berggylt (ca. 20 %), grønngylt (ca. 50 %) og bergnebb (ca. 30 %). Innblandingsprosent ved avslutning av fiske (oppfylt kvote) var ca. 8 %. Innblandingsprosenten ble redusert utover høsten og vinteren. Lokaliteten opplevde at lusenivået økte utover sommeren, så det ble nødvendig å behandle 6 merder med Thermolicer i månedsskifte juli/august. Noen av merdene ble også behandlet i slutten av oktober, november og i januar, og nesten alle merdene unntatt én ble behandlet med Thermolicer i februar. Denne ene merden ble utrustet med tre lasere istedenfor avlusing, dette som en test på om den kunne ta ned igjen lusenivået. Lokaliteten opplevde for årstiden store lusepåslag i januar og februar. Generelt har antall bevegelig lus ligget høyt og nivået av voksne hunnlus har ligget

på +/- 0,3 i snitt på hele anlegget. Ved et slikt høyt antall bevegelige lus må man normalt bestille avlusing med f.eks. Thermolicer, men det virket på oppdretter som laserne klarte å holde nivået stabilt under 0,5. I februar og mars gikk tallet i denne ene merden som ikke ble avlusa med Thermolicer ned fra 0,95 til 0,55 etter at 3 laserne ble installert, og i de øvrige merdene som ble avlusa i februar holdt nivået seg stabilt under 0,5 med laser. Som tidligere nevnt, hadde alle merdene også leppefisk, og det gjør det svært vanskelig å skille mellom effekten av rensfisk og av laser.

De mener at slik som laseren er i dag klarer den ikke ta ned store lusepåslag ved høye temperaturer da utviklinga går for raskt, men de har tro på at rensfisk og laser er en god kombinasjon. Leppefisk er veldig effektiv ved 12-15 grader, da spiser den ned antallet lus raskt, mens de mener at på vinterhalvåret når leppefisken spiser mindre eller dør, vil laseren kunne komme til sin rette.

Under lusetellinga så bruker 3 at lusa var skutt på av laseren, den var tydelig misforma og død. Mattilsynet var også med på tellinga i midten av februar, og fikk se effekten av laseren. De forteller videre at dette er en strømutsett lokalitet med høyt lusepress normalt. De mener at dersom de ikke hadde hatt laser og leppefisk måtte de ha avluset mye oftere da noen av naboanleggene måtte avluse med 2-3 ukers mellomrom i høst.

Påvirkning på fisken

Denne metoden involverer ikke bruk av medikamenter eller kjemikalier og den krever ingen håndtering av laksen.

Ingen av anleggene som var med i intervjuet så noen åpenbare negative effekter av laseren på fiskehelsen og fiskens ytelse i testperiodene, og det ble ikke observert endring i adferd med laseren stående i merden. De utførte forøvrig ingen systematisk dokumentasjon på dette. De poengterte at det var positivt for fiskehelsen om de kunne slippe annen behandling, spesielt dersom fisken var syk i utgangspunktet. Det så ut som at fisken ble fort vant med denne innretningen. Bruker 3 forteller at det imidlertid er mye lys fra laseren som lyser opp området framfor seg slik at den også kan skyte når det er mørkt. De antar at dette skremmer den minste fisken som er mye mere sky enn stor fisk.

Selv om det det påstås at laser ikke har negative effekter på fiskehelse og fiskevelferd bør det gjøres en mer systematisk dokumentasjon og undersøkelse. Dette gjelder både laksen alene og for rensfisken når den brukes i kombinasjon med laseren. Noen av velferdsindikatorerne som bør følges opp er skinnstatus, øyeskade, finneslitasje, stress og adferd (svømmemønstre).

Økonomi

Vi har gjort spesifikke intervju med hensyn på å estimere kostnadene med to aktører. Det er imidlertid liten variasjon i deres tilbakemeldinger, og disse stemmer godt overens med informasjon fra andre kilder. Kostnadene til lasermetoden er primært knyttet til investeringen, en årlig serviceavtale og arbeidskraft.

Investeringen anslår vi til 1 million kr per enhet, og i vårt modellanlegg med 10 merder forutsetter vi at det settes ut to laserenheter per merd. Den totale investeringen blir da 20 millioner kroner. Levetiden for utstyret er som for de øvrige metodene svært vanskelig å fastsette, ettersom erfaringene er begrenset, og teknologien fortsatt er under utvikling, slik at utstyret kan bli erstattet av bedre teknologi lenge før utstyret er utslitt. Ingen av informantene vi intervjuet turte anslå levetiden. For enkelthets skyld anslår vi denne subjektivt til 5 år. Avskrivningskostnaden vil variere lineært med

denne. Vi forutsetter videre at laserne brukes kontinuerlig, slik at produksjonen på en lokalitet belastes for 18 måneders bruk. Alternativkostnaden for kapitalen anslås også her til 7 %.

Operasjon og vedlikehold av laserenhetene betales gjennom en årlig serviceavgift. Denne estimeres til 200.000 kr per år per enhet. Igjen belastes lokaliteten med 18/24 av dette.

Begge aktørene vi intervjuet hevdet at arbeidsbehovet var svært lite, hovedsakelig knyttet til spyling om lag hver 14. dag, eller 2-3 ganger per måned vår, sommer og høst, mens den på vinteren kunne stå over en måned uten spyling. Aktørene anslo tidsbruken til 30 eller 30-60 minutter per enhet. Dette anslår vi til 3 månedsverk i løpet av hele produksjonssyklusen på 18 mnd.

Lokaliteten antas å produsere 6.200 tonn i løpet av en produksjonssyklus. De estimerte enhetskostnadene som følger av de beskrevne forutsetningene er oppsummert i Tabell 9. Enhetskostnaden er her per kg fisk produsert fra en lokalitet gjennom en produksjonssyklus. I all hovedsak er det kapital og serviceavtalen som utgjør de totale kostnadene, som er estimert til 1,18 kr/kg produsert.

Tabell 9 Estimerte enhetskostnader, kr/kg produsert fisk for en lokalitet og generasjon, bruk av laser.

	Enhetskostnad	Forutsetninger
Avskrivninger	0,48	2 stk./merd, 1 mill. kr/stk., 5 år
Alternativkostnad kapital	0,18	7,5%
Arbeidskraft	0,03	3 mnd. verk
Serviceavtale	0,48	200' kr/år
Sum	1,18	

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Metoden kombineres ofte med renseskiv, og sikter på å redusere behovet for kjemisk avlusing og avlusing med metoder som involverer håndtering. I følge leverandøren unngår man med denne metoden også sulting før avlusing. De mener at bruken av denne metoden derfor er skånsomt for fisken. Metoden er imidlertid under stadig utvikling, og effekten av den mot lus og påvirkning på fisk er fortsatt noe uklar og ikke godt nok dokumentert. Foreløpige brukererfaringer tyder på at laser bør kombineres med andre metoder for å ha god nok effekt, spesielt når det er høyt smittepress.

Metoden er videre avhengig av kontinuerlig og god strømforsyning og internettilgang. Det bør derfor fokuseres på å ha et godt utbygd strømforsyningsnett, samt hvilke tiltak man kan sette i gang under eventuelle strømprudd. Laseren krever noe vedlikehold, mest i forbindelse med spyling av enheten. Da det ikke finnes tilstrekkelig dokumentasjon angående påvirkning på fisk bør dette dokumenteres. Noen av velferdsindikatorerne som bør følges opp er skinnstatus, øyeskade, finneslitasje, stress og adferd (svømmemønster).

Beste praksis

Metode er under stadig utvikling og det finnes ikke nok erfaringsdata og dokumentasjon som tillater forfatterne å foreslå en beste praksis.

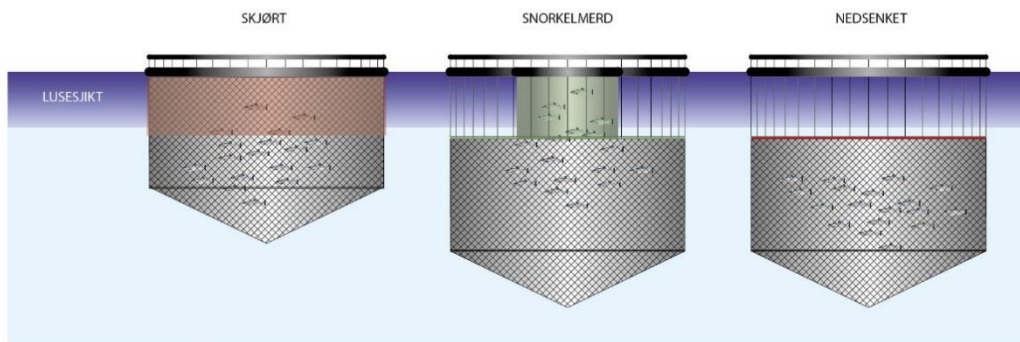
5.4 Forebyggende teknologiske tiltak

5.4.1 Luseskjørt, snorkelmerd og nedsenkbar merd

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Luseskjørt, snorkelmerd og nedsenkbar merd virker alle ved at de hindrer eller hindrer fysisk kontakt mellom lusekopepoditter og laks. Alle tre metodene tar også utgangspunkt i at lusekopepoditter tiltrekkes av lys og derfor fins i høyest konsentrasjon i de øverste meterne av vannsøylen. De har også til felles at de ikke involverer bruk av medikamenter eller kjemikalier, og dermed ikke skaper resistens hos lusa. Metodene krever ingen håndtering av laksen.

Luseskjørt er skjørt av lusetett materiale som omkranser de øverste 5 – 10 meterne av merden. Skjørtet fungerer som en barriere som hindrer kopepodittene i å komme inn i merden, og hindrer dermed påslag av lus. Luseskjørt kommer i to hovedtyper der den ene typen er laget av en tilnærmet vanntett duk, mens den andre er laget av planktonnett som slipper gjennom noe vann, men ikke kopepoditter. Nedsenkbare merder er merder utstyrt med et nettak slik at laksen kan unngå kopepodittene ved at merden senkes under lusesjiktet. Snorkelmerd (også kalt tubenot) har også et tak som holder laksen under lusesjiktet, men har i tillegg en sjakt eller snorkel av lusetett materiale slik at laksen kan svømme opp til overflaten uten å eksponeres for lus. Snorkelmerden er derfor en hybrid mellom de to andre metodene (jevnfør figur 4 nedenfor).



Figur 4 Illustrasjon av skjørt, snorkelmerd og nedsenket merd (Illustrasjon: Oddvar Dahl@Nofima).

Effektiviteten av behandlingen

Luseskjørt

Luseskjørt har vært brukt i en årrekke, og er den mest brukte fysiske metoden for å hindre eller redusere påslag av lakselus. At metoden fungerer er vist i en rekke undersøkelser: Næs et al. (2012) fant ca. 70 % færre lus per fisk i merder med 10 meter dype skjørt av planktonnett sammenliknet med merder uten luseskjørt. Det ble imidlertid ikke påvist forskjell i lusepåslag når det gjaldt skottelus. Forsøket gikk over 7 måneder i sommerhalvåret. Det var ingen forskjell i dødelighet mellom merdene med og uten skjørt, men fisken i merdene med skjørt hadde bedre tilvekst. (Johansen, 2014)), som også benyttet skjørt av planktonnett, viste at skjørt på 10 meter var mer effektive enn skjørt på 6 meter. Lind (2015) fant også opptil 80 % reduksjon i lusepåslag i merder med 10 meters dype skjørt sammenliknet med merder uten skjørt.

Luseskjørtene fungerer ikke 100 %. Det meste av overflatevannet som treffer en merd med skjørt ledes horisontalt rundt skjørtet, men det er vist ved forsøk i strømningstank ved bruk av 5 meter dype skjørt

av tett materiale at noe av vannet føres under skjørtet for deretter å rotere opp mot overflaten inne i merden (Lien & Høy, 2011). Fargeforsøk med merder i sjø har også bekreftet at overflatevann trenger inn i merder med 5 meters skjørt ved normal strøm (Frank et al., 2013). Et problem med luseskjørt er at de blir presset oppover ved sterk strøm, slik at den effektive dybden kan bli vesentlig redusert. I tillegg kan vann skvulpe over luseskjørtet i dårlig vær. Det synes som om luseskjørt virker best i sommerhalvåret, når det er stabile vertikale temperaturgradienter som sørger for liten vertikal bevegelse av vannet. Mye lys på denne årstiden kan også bidra til å holde kopepodittene nær overflaten. Om høsten og vinteren vil overflatevannet kjøles ned og synke på grunn av økt tetthet. Det kan bidra til at lusesjiktet blir tykkere enn om sommeren, slik at luseskjørtene ikke lenger er tilstrekkelig dype til å hindre lusepåslag (Oppedal et al., 2016). Det er observert variasjon i effektiviteten til luseskjørt mellom forskjellige lokaliteter, noe som sannsynligvis kan tilskrives lokalt turbulente strømmer. Kopepodittene vil da kunne fordeles lenger ned i vannsøylen og dermed lettere komme i kontakt med fisk i merdene (Lien, 2016).

Snorkelmerd

Det er godt dokumentert at bruk av snorkelmerd reduserer påslag av lus. Stien et al. (2016a) fant i 2013 en reduksjon i lusepåslag på opptil 72 % i merder der nettaket var senket 4 meter under overflaten. I forsøk året etter, der 4 forskjellige snorkellengder ble testet, ble det vist en klar sammenheng mellom snorkellengde og lusepåslag. Eksperimenter så langt viser at en 3-4 m dyp snorkel er effektiv i å redusere luseangrep ved kystnære områder, mens en dypere snorkel er nødvendig for å oppnå lignende effekt innafjords hvor et brakkvannslag med varierende salinitet kan dannes på toppen av vannsøylen (Oppedal et al., 2016). Ved bruk av den lengste snorkelen på 16 meter ble lusepåslaget redusert med mer enn 99 % i forhold til kontrollmerd (Oppedal et al., 2017). Når det gjelder effekten av årstid og lokale strømforhold på effektiviteten til snorkelmerder forventes samme forhold som for luseskjørt (Oppedal et al., 2016). Det hevdes at en fordel med snorkelmerd er at snorkelen har mindre areal enn et luseskjørt og ikke like lett deformeres på strømsterke lokaliteter. Den effektive dybden i en snorkel opprettholdes derfor bedre enn i et skjørt (Lien, 2016).

Nedsenkbare merder

Funksjonen til nedsenkbare merder er å unngå påslag av lus ved å flytte fisken under lusesjiktet. Det foreligger ennå ingen dokumentasjon på hvor effektivt det er, men det er grunn til å tro at effektiviteten vil være tilsvarende den man får ved bruk av snorkelmerd. Ettersom nedsenkbare merder med jevne mellomrom må heves til overflaten for å la fisken hente luft (se nedenfor), vil det imidlertid være fare for lusepåslag ved disse hevingene.

Påvirkning på fisken

Luseskjørt

Det største problemet med bruk av luseskjørt er at oksygenmetningen innenfor skjørtet kan bli for lavt. I et forsøk med 3 meter dypt skjørt av vanntett materiale i en 157 meters merd sank oksygenmetningen innenfor skjørtet ned mot 50 % i løpet av to dager. Forsøket ble avsluttet på dag 3. Overflatetemperaturen var på ca. 15 °C, med jevnt avtakende temperatur til ca. 8 °C på 20 meters dyp. Mesteparten av fisken (ca. 108 tonn) oppholdt seg nær overflaten innenfor skjørtet, trolig fordi temperaturen der var nærmest fiskens preferansetemperatur (Stien et al., 2012). Redusert oksygenmetning innenfor skjørtet sammenliknet med tilsvarende dyp i merder uten skjørt må påregnes. Under forhold med mindre temperaturgradient enn i forsøket til Stien et al. (2012) blir gjerne forskjellen i oksygenmetning mellom merder med og uten luseskjørt betydelig mindre (Lind, 2015; Næs et al., 2014). Likevel benyttes ofte vanntette skjørt med dybde på 5 – 6 meter som et

kompromiss mellom skjermingseffekt og oksygenmetning, mens skjørt av planktonduk vanligvis er på 10 meter da disse slipper gjennom noe vann. Vanninnstrømning gjennom et skjørt av planktonduk skjer i hovedsak på grunn av naturlige havstrømmer. Men det kan også skje når det er strømsstille og fisken i merden setter opp en rotasjonsstrøm som presser vann ut av merden. Denne utgående vannstrømmen kompenseres ved at vann suges inn ovenfor og nedenfor der fisken står (Gansel, 2010), og da også gjennom et permeabelt skjørt. Den reduserte vannutskiftingen kan også føre til økt turbiditet og partikkelaggregering, noe som igjen øker faren for gjelleskader og infeksjon av andre parasitter som AGD (Stien et al., 2016b).

Det er en klar sammenheng mellom oksygenmetning og tilvekst hos laks. 70 % metning blir gjerne ansett som akseptabel metning, men det fins forskning som tilsier at veksthastigheten øker med økende metning helt opp til 100 % (Thorarensen & Farrell, 2011). Oppedal et al. (2011) har vist at laks unngår oksygenmetning på 60 % ved 15 °C. I tråd med dette er det vanlig at laks i merder med skjørt oppholder seg dypere i merden enn i merder uten skjørt. Dermed unngår laksen i stor grad de negative effektene av lav oksygenmetning. Lind (2015) fant noe lavere vekst i merder med skjørt enn i merder uten skjørt, mens Næs et al. (2014) fant litt bedre vekst i merder med skjørt, noe som kanskje kan forklares ved at fisken i merd med skjørt var mindre plaget av lus. I studien til Lind (2015) ble det også funnet litt høyere velferdsscore ved bruk av Salmon Welfare Index Model (SWIM 1.1) hos laks i merder med skjørt enn i kontrollmerder. I undersøkelsene som er gjort er det funnet svært små forskjeller i dødelighet hos laks i merder med og uten luseskjørt.

I perioder med sterk strøm kan merdvolumet være betydelig deformert på grunn av det ekstra draget på skjørtet (Frank & Lien, 2015), noe som igjen kan fange og skade fisken (Kolarevic, Stien et al., 2017).

Nedsenkbar merd

Laks har åpen svømmeblære og fyller luft i svømmeblæren ved å svelge luft fra overflaten (Saunders, 1965). Laks som holdes i nedsenkede merder uten tilgang på luft taper luft fra svømmeblæren, og får derfor negativ oppdrift. For å kompensere for dette tilter laksen oppover og øker svømmehastigheten med 30 – 60 % i forhold til hastigheten i normale merder (Dempster et al., 2009; Korsøen et al., 2009). Noen av tegnene på tomme svømmeblærer hos nedsenket laks er svømming med «halen ned, hodet opp», redusert appetitt og fysisk utslitt fisk (Dempster et al., 2009; Korsøen et al., 2012a; Korsøen et al., 2012b). Ved langvarig neddykking (6 uker) ble det funnet redusert fôrintak og vekst og økt frekvens av snute- og finneskader (Korsøen et al., 2009). Ved kortere neddykking (3 uker) ble det ikke funnet forskjeller i disse parameterne (Dempster et al., 2009). I drift av nedsenkable merder vil man derfor regelmessig, minst hver 14 dag, heve merden til overflaten slik at laksen kan fylle svømmeblæren (Rønningen, Aqualine, Pers med.). Et alternativ som har vært testet i liten skala med godt resultat er å forsyne nedsenkable merder med en kunstig luftlomme der laksen kan svelge luft (Korsøen et al., 2012a).

Snorkelmerd

Snorkelmerd fungerer som en neddykket merd, men har en kanal til overflaten som fisken kan benytte for å komme opp og fylle svømmeblæren. Havforskningsinstituttet har gjennomført en rekke småskalaforsøk der laksens ytelse, adferd og velferd i snorkelmerd er undersøkt (Oppedal et al., 2016). Resultatene fra disse forsøkene viser en tendens til dårligere vekst i snorkelmerder sammenliknet med merder uten snorkel, mens Stien et al. (2016a) ikke fant slike vekstforskjeller. Smolt i snorkelmerden viste signifikant redusert dødelighet (4,5 %) sammenliknet med kontrollgruppen (9,5 %) samt færre tapere rett etter overføring. Dette var relatert til mindre eksponering for sykdomsvektorer som er mer

tallrike i overflatevannet på våren og sommer (Oppedal et al., 2016). I forsøk med større fisk (opptil slaktestørrelse) ble det ikke funnet forskjeller i overlevelse mellom laks i snorkel sammenlignet med fisken i tradisjonelle merder.

Det er ingen tvil om at laksen i snorkelmerder benytter snorkelen til å fylle luft i svømmeblæren. Til forskjell fra det en har funnet i nedsenkbare merder fant Stien et al. (2016a) ingen forskjell i svømmehastighet hos laks i snorkelmerder og kontrollmerder. Ekkoloddmålinger har imidlertid vist at laks i snorkelmerder har en lavere fyllingsgrad av luft i svømmeblæren enn laks i kontrollmerder, noe som skyldes at laks har en viss aversjon mot å bevege seg opp i snorkelen. Det kan ha sammenheng med at oksygenmetningen i snorkelen kan bli langt lavere enn i resten av merden, helt ned mot 50 % i lange snorkler. Aversjon mot bruk av snorkelen synes imidlertid ikke å være relatert til snorkellengden (Oppedal et al., 2016). Det ble foreslått at snorkelarealet må være relatert til fiskestørrelsen for å sikre riktig fylling av svømmeblæren. I tillegg er det mulig at det finnes individuelle variasjoner i bruk av snorkel, og bruken av tilvenning bør vurderes (Oppedal et al., 2016).

Laks som holdes i snorkelmerder har lavere overflateaktivitet sammenlignet med laks i tradisjonelle merder, men viser sterk økning i overflateaktivitet etter at full overflatetilgang er gjenopprettet (snorkel og tak ble fjernet) og atferdsmessige begrensninger er fjernet (Stien et al., 2016a). Implikasjonen av denne påvirkningen på velferd bør vurderes.

Vannkvaliteten i det begrensede snorkelvolumet har blitt påvirket ved bruk av denne type system. Spesielt er redusert oksygenmetning og økt turbiditet av interesse i større snorkelvolum hvor et stort antall fisk kan samles og hvor vannutskifting er svært lav (Kolarevic, Stien et al., 2017).

Oksygenmetningen i snorkelen kan bli langt lavere enn i resten av merden, helt ned mot 50 % i lange snorkler. Aggregering av partikler og patogener i snorkel kan ha negativ effekt på fiskehelsen (Kolarevic, Stien et al., 2017). For å forbedre vannkvaliteten i snorkel under kommersielle forhold, kan vann pumpes fra dypet og inn i snorkelen for å øke vannutskiftingen og gjenopprette oksygenforholdene (Wright et al., 2017). Lavt oksygen i snorkelen kan også kompenseres ved å tilføre luft til snorkelen (Geir Magne Knutsen, pers med.). Spesiell oppmerksomhet bør gis til overvåking av vannkvalitetsparametere i snorkel under produksjon.

Dersom man er bevisst på at vannkvaliteten i overflatevannet i snorkelen kan være redusert, vil tilstedeværelsen av fisk nær overflaten være en viktig pekepinn på økt risiko for redusert velferd (Kolarevic, Stien et al., 2017). Ideelt bør fisken ikke bruke tid i snorkelen, bare når den skal fylle svømmeblæren, og flere tiltak som dypvannsføring, lysplassering, manipulering av temperaturen i snorkeloverflaten er foreslått for å kontrollere laksens oppholdstid i snorkel (Oppedal et al., 2016).

Det er funnet en viss økning i snuteskader hos laks i snorkelmerder, noe som muligens kan tilskrives for trange snorkler i forsøksmerdene (Oppedal et al., 2016; Stien et al., 2016a). Det ble ikke konkludert noe når det gjelder effekten av snorkelmerder og finneslitasje mellom kontrollmerd og snorkelmerd på grunn av potensielle effekter av ulike prøvetakingsmetoder (Stien et al., 2016a). Imidlertid bør en eventuell fremtidig måling av velferd i snorkelmerd inkludere finnestatus/slitasje, samt skinn og øyesykdommer, ettersom kontakten mellom fisk, taket på merden og snorkelen kan ha effekt på disse velferdsindikatorene.

Det fins observasjoner som kan tyde på at fisk i snorkelmerder er mer utsatt for AGD (Wright et al., 2017). Samtidig er det mulig å fylle snorkelen med ferskvann som bidrar til å redusere AGD problemet.

Undersøkelsen av gjeller bør gjøres på laks produsert i snorkelmerd på grunn av høyere risiko for AGD. Snorkelmerden har en fordel i forhold til de nedsenkede merd, og det er muligheten til å fange fisk for lusetelling og for velferdsvurdering, noe som ikke er så lett når nedsenket merd blir brukt.

Økonomi

De økonomiske effektene av luseskjørt, snorkelmerd og nedsenkbar merd er ganske forskjellige i både størrelse og sammensetning. Vi vil stort sett omtale snorkelmerd og nedsenkbar merd samlet, mens luseskjørt vil bli diskutert for seg.

Luseskjørt

Bruk av semi-permeable eller tette skjørt rundt øvre del av notveggen er blitt et svært utbredt forebyggende tiltak mot påslag av lus utenfra. I forhold til renseskjørt og mekaniske metoder er denne relativt enkel ettersom den innebærer bruk av relativt få ressurser.

Hvor mye investeringene vil bidra til driftskostnadene avhenger av utstyrets levetid. Levetiden for luseskjørt avhenger i stor grad av lokale forhold på lokalitetene. Strøm og bølgebevegelser er de viktigste faktorene som bestemmer levetiden, og den kan variere fra en til tre sesonger for tette luseskjørt. Permeable luseskjørt, som er laget av planktonduk, har erfaringsmessig lavere rivestyrke enn tette luseskjørt, slik at disse skjørtene forventes å ha kortere levetid enn de tette (selv om permeabiliteten gjør at de utsettes for et noe lavere vanntrykk).

Driftskostnadene ved drift av luseskjørt inkluderer utsett og vedlikehold. Vedlikeholdet består av kontroll, reparasjon og vask. Hvor ofte disse aktivitetene må gjennomføres beror i stor grad på lokale forhold, og derfor vanskelig å tallfeste. Vi har, uten opplysninger fra informantene, subjektivt anslått arbeidsbehovet til 1 månedesverk for en hel produksjonssyklus.

For permeable luseskjørt kan groe redusere gjennomstrømningen, og gi dårligere vannmiljø. Ved bruk av permeable skjørt kan det være behov for å bytte skjørtene 2-3 ganger for hver produksjonssyklus. Det betyr at man i praksis gjerne har 2 skjørt tilgjengelig til hver merd, i og med at et nytt skjørt monteres samme dag som et brukt skjørt tas av og leveres til vasking og reparasjon. Hvert skjørtebytte krever minimum en dags arbeid. Man må påregne kostnad for 4 personer med servicebåt, samt noe kostnader knyttet til reparasjon, vask og transport. Ved investering i 2 skjørt per merd vil investeringene dobles, men hvert skjørt vil formodentlig ha lenger levetid, slik at kapitalkostnaden likevel ikke dobles. Vi har ikke tatt behovet for skjørtebytte med i tabellen nedenfor, men med disse forutsetningene viser våre beregninger at behovene for skjørtebytte vil heve kostnadene fra 8 øre til 12-13 øre per kilo produsert.

Erfaringer tilsier også at man i noen tilfeller må påregne et visst veksttap ved bruk av luseskjørt på grunn av lavere oksygenmetning innenfor skjørtet. Lavere oksygenmetning blir i en del tilfeller motvirket med oksygenering eller trykkluftindusert omrøring. Det er kun en av de aktørene vi har intervjuet som har brukt oksygenering. De antydte en kostnad på 250.000 per merd for oksygeneringsanlegg. Med såpass tynt datagrunnlag for å gjøre anslag på den økonomiske effekten har vi utelatt denne effekten fra tabellen nedenfor, men om vi antar en levetid på ti år kan dette indikere at behovet for oksygenering omtrent vil doble kostnadene ved bruk av luseskjørt.

Vi intervjuet fire oppdrettere om deres erfaringer med kostnadene knyttet til luseskjørt. Vi ser at det er ganske ulik praksis.

Våre modellerte enhetskostnadsestimater er oppsummert i Tabell 10. Enhetskostnaden er her per kg fisk produsert fra en lokalitet gjennom en produksjonssyklus.

Utgangspunktet for denne tabellen er at det ble benyttet ett skjørt per merd og at disse kostet fra 100.000 til 300.000 kr/stk (vi har forutsatt 200.000). Levetiden anslo informantene til mellom 1 og 3 år, vi har forutsatt 3 år i våre beregninger. Kostnaden for luseskjørt blir da 0,08 kr/kg produsert for en lokalitet som produserer 6200 tonn med 10 merder på 18 mnd. Som vi nevner over vil denne kostnaden øke om man bruker dobbelt opp av permeable skjørt eller om man tar i bruk oksygenering.

Tabell 10 Modellerte enhetskostnader knyttet til luseskjørt for en lokalitet og generasjon.

	Kost pr kg prod.	Forutsetninger
Investering	0,05	1 stk./merd, 0,2 mill. kr/stk., 3 år
Alternativkost kapital	0,01	5%
Arbeidskraft	0,02	0,2 årsverk
Tilvekst	Ikke estimert	
Sum estimerte poster	0,08	

Snorkelmerd og nedsenkbar merd

Snorkel- og nedsenkbare merder er fortsatt i et tidlig utviklingsstadium, og det er svært begrenset kunnskap tilgjengelig om kostnadsforhold. Vi vil gi noen indikasjoner på ulike kostnadsmessige effekter, men disse er såpass usikre at vi har valgt å ikke oppsummere dem i en egen tabell.

Investeringskostnaden for en snorkelmerd er en ekstrakostnad på om lag 1 million i forhold til merd av sammenlignbar størrelse (160m). Med en investeringskostnad på 1 mill. ekstra per not, og 10 års levetid, har vi anslått kapital- og avskrivningskostnader til 0,50 kr per kilo produsert.

Snorkelmerd og nedsenket merd er mer kompliserte innretninger enn luseskjørt. Utsett og ordinær drift blir noe mer arbeidskrevende enn ordinære merder. Det blir mer komplisert å telle lus, vanskeligere å vaske nøter og mer kompliserte operasjoner ved eventuelle behandlinger. Behovet for rengjøring av notpose vil nok bli mindre på grunn av mindre begroing. Vi har i beregningene likevel forutsatt at disse operasjonene blir 50 % mer arbeidskrevende enn for konvensjonelle nøter. Det betyr at ekstrakostnad for avlusing er beregnet til 0,04 kr per kilo produsert, mens ekstrakostnadene for notvask er beregnet til 0,10 kr per kilo produsert.

Redusert påslag av lus vil ventelig gi færre behandlinger enn i konvensjonelle nøter. Bruk av snorkelmerd og neddykket merd vil sørge for at fisken kommer dypere og derfor blir mindre eksponert for lusepåslag enn ved bruk av luseskjørt som ofte har en dybde på 5 -6 meter. Det vil trolig gi en større reduksjon i avlusingsfrekvensen for disse metodene enn for luseskjørt, noe som helt eller delvis kan oppveie for høyere investeringskostnader.

Å tvinge fisken til å stå dypere kan også påvirke vekst ved at fisken blir eksponert for høyere eller lavere temperatur enn det overflatevannet har. Det vil dra i negativ retning i tilfeller der overflatetemperaturen er mer optimal for vekst enn dypere vannlag, og fisken tvinges dypere ned. I motsatt fall kan det være gunstig for fisken å bli presset ned når overflatetemperaturen er for høy for optimal vekst, noe som er mest aktuelt lengst syd i Norge. Men denne effekten er trolig mer marginal da fisken i ordinære merder med eller uten skjørt også kan senke seg til større dyp når overflatetemperaturen blir for høy.

For nedsenket merd har vi for lite erfaringstall til å anslå kostnader. Om konseptet for nedsenkbar merd fungerer slik at man kan heve merden for notvask, telling av lus osv., vil antageligvis de ekstra driftskostnadene være beskjedne.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Luseskjørt

Luseskjørt krever ingen behandling eller sulting av fisken før eller under bruk av metoden. Bruk av luseskjørt er derfor en svært skånsomt for fisken sammenliknet med andre metoder for lusebekjempelse. Bruk av luseskjørt kan medføre at oksygenmetningen innenfor luseskjørtet faller til uakseptable verdier. Luseskjørt bremser vannstrømmen mer enn notlin. Det medfører ekstra belastning på flytekrager, nøter og fortøyning som det må tas hensyn til.

Snorkelmerd

De samme forholdene som er nevnt for luseskjørt gjør seg også gjeldende for snorkelmerd, dog i mindre grad. Snorkelen har mindre diameter enn et luseskjørt som omkranser hele merden. Den fysiske belastningen på grunn av strøm og bølger blir dermed mindre.

Neddykket merd

I neddykket tilstand er denne typen merd mindre utsatt for fysiske belastninger fra bølger. Merden må imidlertid heves til overflaten med jevne mellomrom for at fisken skal kunne fylle svømmeblæren med luft. Da utsettes merden for større fysisk belastning, og fisken eksponeres da også for lus i overflatevannet. Et spesielt problem er at taket i merden må løftes opp av vannet når merden er i overflatestilling. Fôring er også en utfordring da lufttransportert fôr som fordeles på overflaten er en dårlig løsning for denne merdtypen.

Beste praksis

Luseskjørt

- Luseskjørt må alltid monteres og vedlikeholdes i henhold til prosedyrer beskrevet av skjørtleverandør.
 - Feilaktig oppheng av skjørtet kan medføre fysiske skader på skjørtet og i verste fall øke risikoen for skade på not og andre deler av anlegget.
- Det anbefales å montere skjørt før det settes ut fisk i merden.
- Det må påses at alle deler av anlegget (flytekrage, nøter, fortøyning etc.) er dimensjonert og sertifisert for den ekstra påkjenningen bruk av luseskjørt medfører.
 - Vannstrømmens drag på skjørtet vil avhenge av dybden på skjørtet. Skjørtedybden må derfor tilpasses de lokale forholdene slik at overbelastning på anlegget unngås.
- Skjørtedybde er ofte et kompromiss mellom ønsket skjermingseffekt, oksygentilgang og fysisk belastning.
 - Skjørtedybde må tilpasses de lokale forholdene på lokaliteten.
- Oksygenmetning innenfor skjørtet må overvåkes.
 - Ved for lave oksygenmetninger i tette skjørt kan følgende tiltak iverksettes: Fjerning eller oppheising av skjørt, tilsetting av oksygen.
 - Skjørt av planktonduk må rengjøres regelmessig for å opprettholde vannpermeabiliteten.

- Tilførsel av vann med lavere temperatur fra større dyp har vært forsøkt, men det har ikke vært vellykket da slikt vann i liten grad blander seg med overflatevannet, men på grunn av høyere tetthet heller synker ned igjen.
- Fiskens adferd og plassering i merden bør overvåkes.
 - Fisk i merder med skjørt vil gjerne slippe seg litt dypere i vannsøylen. Det vil øke fisketettheten i den delen av merden som fisken står i. Faren for uakseptable tettheter er særlig store i spissposer der tilgjengelig volum raskt avtar når fisken senkes seg lenger ned i merden.
 - Vær oppmerksom på sviktende appetitt i merder med skjørt.

Snorkelmerd

- De samme momentene som nevnt for luseskjørt gjelder også for snorkelmerd.
- I tillegg anbefales det å tilsette luft eller oksygen for å motvirke lav oksygenmetning i snorkelen. Ved tilsetning av luft må man være oppmerksom på at det kan skape gassovermetning i vannet - jo mer jo dypere luften tilføres.
- Fôring kan skje i snorkelen.

Neddykket merd

- De samme momentene som nevnt for luseskjørt og snorkelmerd gjelder også for neddykket merd, men utviklingen av denne metoden er kommet kortere enn for de andre to metodene.
- Det arbeides med å finne en god løsning på problemet med løfting av nettak når merden er i overflatestilling.
- Fôring fra overflaten er en dårlig løsning for neddykkede merder.
 - Vantransportert fôr som utføres under nettaket i merden kan bli en løsning.
- Før metoden tas i bruk i stor skala må prosedyrene for heving til overflaten optimaliseres.
 - Aktuelle spørsmål er: Hvor ofte må eller bør heving foretas? Avhenger det av fiskens størrelse, temperatur eller andre faktorer? Er det forhold med selve hevingen eller senkningen som må hensynstas, for eksempel heve- eller senkehastighet?
- Kanskje bør svømmeblærens fyllingsgrad til fisken overvåkes, for eksempel ved hjelp av ekkolodd.

5.4.2 Ultralyd

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Det er vist at ultralyd (ultralyd er lyd med frekvens over det hørbare området for mennesker, det vil si fra 20.000 Hz og oppover) kan hemme påslag av rur på skipsskrog og begroing i rør, og redusere vekst av alger i oppdrettsdammer. Både rurlarver og lakseluskoepoditter går gjennom en trinnvis påslagsprosess, der de først sonderer den aktuelle overflaten før de setter seg endelig fast. Det har derfor ikke vært unaturlig å tro at ultralyd også kan hindre påslag av lakselus i merder (Mortensen & Skjelvareid, 2015). Metoden er enkel ved at det i hver merd monteres et lite antall ultralydtransducere (undervannshøytalere) som kontinuerlig sender ut ultralyd. Hver av transducerne kan ha en utgangseffekt på inntil 150 W. Sammenliknet med andre metoder for lusebekjempelse er denne metoden svært billig i drift.

Effektiviteten av behandlingen

En test av ultralyd i et kommersielt lakseoppdrettsanlegg ga ikke resultater som viste at ultralyd hadde effekt på lusepåslaget, men det kunne heller ikke avvises (Qviller & Grøntvedt, 2016). Småskala forsøk i lab med svært høye lydstyrker ga ikke resultater som tyder på at lusekopepoditter lar seg hemme av ultralyd i påslagsfasen (Skjelvareid et al., 2016). Det er heller ikke påvist at ultralyd påvirker klekkerate og morfologi hos lakselusnauplier eller adferd hos lakseluskopepoditter (Solvang-Garten et al., 2016). På tross av manglende dokumentasjon på positiv effekt av ultralyd for lusebekjempelse selges det allerede ultralydutstyr for dette formålet i Norge.

Påvirkning på fisken

Laks kan ikke høre ultralyd, og det foreligger ikke informasjon om negative langtidseffekter på laks (Mortensen & Skjelvareid, 2015).

Økonomi

Dersom metoden viser seg å fungere vil det til hver merd trenge et visst antall transducere. I så fall vil effektiviteten til metoden sannsynligvis bero på hvilken lydstyrke man oppnår i merden. Det vil igjen stå i forhold til antall transducere og utgangseffekten til hver enkelt transducer. I merdforsøk som er gjort så langt har man benyttet fire transducere per merd. Hver transducer koster i dag fra 20.000 kroner og oppover, men det forventes at denne prisen vil synke betraktelig dersom metoden blir tatt i bruk i større skala. Ved bruk av fire transducere per merd vil effektbehovet per merd ligge på maks 600 W.

Kritiske momenter i utførelsen av metoden

Forutsatt at ultralyd kan benyttes til lusebekjempelse må hver merd utstyres med transducere som i antall og styrke gir den fornødne lydstyrken i merden.

Beste praksis

Siden metoden ennå ikke er tilstrekkelig dokumentert er det vanskelig å komme med anbefalinger om best praksis.

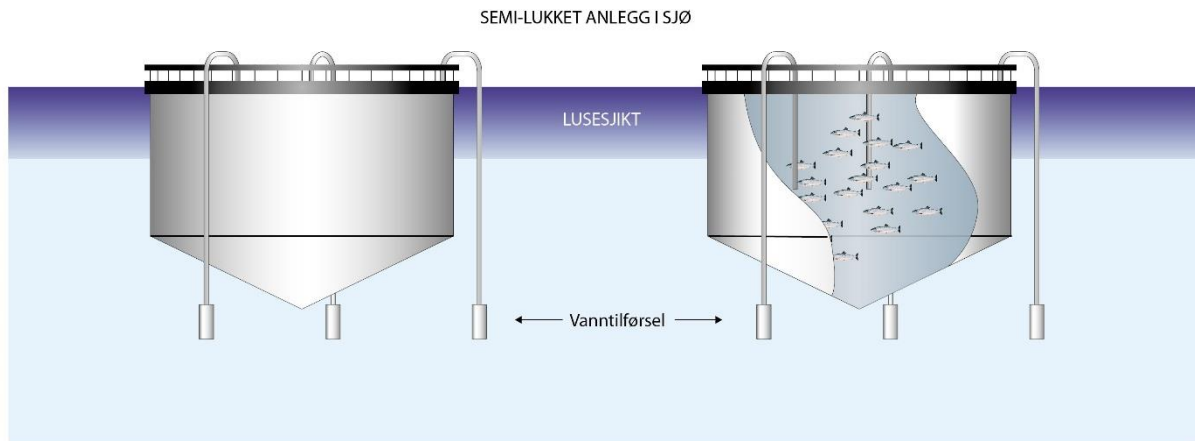
5.4.3 Semi-lukkede anlegg i sjø

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Semi-lukkede anlegg i sjø virker ved å hindrer fysisk kontakt mellom lusekopepoditter og laks. Metoden tar utgangspunkt i at lusekopepoditter tiltrekkes av lys og derfor fins i høyest konsentrasjon i de øverste meterne av vannsøylen. Metoden involverer ikke bruk av medikamenter eller kjemikalier, og skaper ikke resistens hos lusa. Metodene krever ingen håndtering av laksen.

Flytende semi-lukkede anlegg i sjø er bygd med tette vegger, enten av fleksibelt materiale som duk/presenning, eller rigide vegger av f.eks. betong eller polyetylen (Figur 5). Med oppdrett i flytende semi-lukkede anlegg i sjø vil man kunne korte ned oppholdstiden i åpne nøter, noe som kan redusere tiden hvor fisken kan få påslag av lakselus. Veggene i slike anlegg vil skjerme fisken mot det ytre vannmiljøet, og dermed også mot lakselus. Felles for alle semi-lukkede anlegg i sjø er at de har dypvannsinntak for å unngå at laksen kommer i kontakt med det øverste vannsjiktet der det forventes å være mest lus. Noen anlegg har montert inntaksfilter for å holde maneter, lus og andre uønskete mikropartikler vekk fra merden, slik som f.eks. på Ecomerden, men ut over det har ingen anlegg per i dag montert vannbehandling på inntaksvannet. Mulighetene for inntaksvannrensing undersøkes for tiden i senteret for forskningsbasert innovasjon i lukkede anlegg, SFI CtrlAQUA. Flere prosjekter fokuserer videre på å sikre god fordeling og jevn konsentrasjon av oksygen i hele vannsøylen. Dette

gjøres ved å beskrive og å forstå hydrodynamikken i anleggene. Ideelt sett skal utskiftningen av vann være lik i hele volumet. Vannhastigheten må tilpasses til den optimale svømmehastigheten til fisk, og samtidig sikre god transport av partikler ut av anlegget.



Figur 5 Illustrasjon av semi-lukket anlegg i sjø (Illustrasjon: Oddvar Dahl©Nofima).

Det er flere lukkede anlegg som er bygd og som allerede har hatt sin første produksjon av post-smolt. Eksempler på slike er Flexibag (2600 m³), Agrimarine (3000 m³), SalmonHome no. 1 (pilotversjonen er 1000 m³, ny versjon sikter mot 3000 m³), Aqua-Design (to størrelser; 1550 m³ and 3000 m³), Preline Fishfarming system (2000 m³), Ecomerden (to størrelser; 5000 m³ og 10000 m³) og Neptun/Aquafarm Equipment (21.000 m³). Anleggene AquaDome og FishGlobe er bygd, men har ikke enda hatt sin første produksjonssyklus. Det er i tillegg over 14 andre anlegg under prosjektering i Norge (Terjesen, 2017). Hvor dypt disse anleggene tar inn vann fra varierer, f.eks. så tar Preline inn vann fra 25-30 m dyp, Flexibag fra 12 m dyp, Neptun fra 25 m dyp og Aqua Design fra 25 m dyp.

Effektiviteten av behandlingen

Ulike konsept av semi-lukkede anlegg har blitt testet på Smøla i de tre siste årene (Figur 6). Det har aldri blitt funnet lus på fisken i noen av disse systemene siden oppstart (Barentswatch.no; Kolarevic et al., 2015; Pers. komm. Sørøy, Mars 2017). Flexibag har hatt fire produksjonssykluser fra 2014 til 2016 i to ulike generasjoner/design av anlegget. Det ble satt inn fisk i Agrimarine første gang i desember 2015, og den er nå inne i sin tredje produksjonssyklus. Systemet ble brakklagt to ganger i 2016, vår og tidlig høst. SalmonHome har hatt fisk siden november 2016.



Figur 6 Gullklakken, Smøla, hvor ulike konsept av semi-lukkede anlegg har blitt testet; betongtanken Salmon Home #1 (til venstre i bildet), det presenningsbaserte fleksible anlegget Flexibag (i midten) og den glassfiberforsterka plastiktanken AgriMarine (til høyre). Foto, Jelena Kolarevic.

Nilsen et al. (2017) viste at systemet Aqua Design var en effektiv beskyttelse mot lus. Resultatene er hentet fra tre års produksjon av Atlantisk laks. Moderat til høy lakselustetthet i referansegruppene (åpne merder) bekreftet tilstedeværelsen av lusekøpepoditter i overflatevannet rundt den lukkede merden, men det ble registrert lakselus i den lukkede merden bare etter at fisken hadde blitt flyttet mellom merder med brønnbåt, eller når merdene ble fylt med fisk overført fra åpne merder. Når fisken ble utsatt for lakselus i det lukkede anlegget, var tettheten lav og det var ingen tegn på reproduksjon innenfor anlegget.

Mens det ble funnet lus på kontrollfisken, har det ikke blitt funnet lus på fisk oppdrettet i Preline (Handeland, 2016; Handeland et al., 2015b). Ecomerden har vært i drift siden høsten 2015 og det har blitt funnet noe lus i anlegget (Handeland, 2016; iLaks, 2016). I et intervju forteller de selv at konseptet er under stadig utvikling (iLaks, 2016). De sier at å unngå lusesmitte er en av de kritiske suksessfaktorene for anlegget, men de mener lus i anlegget ikke utgjør noen smittefare. Videre har det aldri vært problem med for høye lusenivå. Luseforekomsten i anlegget har hele tiden vært svært lave, under tiltaksgrensa på 0,1 kjønnsmodne hunnlus for grønne konsesjoner, og de mener forekomsten har sammenheng med uvær på lokaliteten og overskylling av sjøvann. I tillegg er det registrert at det kan forekomme omveltninger som kan ta inn lus fra lavere sjikt. De har derfor videreutvikler Ecomerden med en høyere sprutskjerm, en planktonduk over sjøinntaket for å samle opp eventuell lus som kommer med vannet, og et integrert trommelfilter i flytekragen som inntaksvannet kan filtreres gjennom. Det har vært produksjon av post-smolt i prototypanlegget Neptun fra november 2013 til mai 2014 (testperiode) (Handeland et al., 2015a) og i en ny og forbedret utgave av anlegget fra november 2016 (Joensen, 2017). Resultatene viser at det ble registrert noe innslag av lus utover vinteren og våren 2014 og det ble tilsatt rensefisk for å holde nivåene under maksimal grense på 0,5 voksne hunnlus (Handeland et al., 2015a). Resultater viser at det også i 2016 har blitt påvist noe lus i dette anlegget selv etter at den nye utgaven av anlegget ble bygd med høyere skjerming mot overskylling av bølger (Joensen, 2017). De mener lusa kan ha kommet seg inn via inntaksvannet etter omveltninger i sjøen som gjør at lusa befinner seg i lavere sjikt. Til den nye utgaven av Neptuntanken vurderes ulike former for rensing av inntaksvannet (Joensen, 2017).

Påvirkning på fisken

En rekke semi - lukkede anlegg testes for tiden ut for produksjon av Atlantisk laks postsmolt. De er laget av forskjellige materialer, har forskjellig form og er av forskjellig størrelse. Felles for alle systemer er den tette fysiske barrieren som holder fisken adskilt fra omgivelsene, og dypvannsinntak for å unngå luseangrep. De fleste systemene er fortsatt prototyper og har de siste fem årene blitt drevet som en del av FoU-konsesjonene. Selv om systemene ikke er fullt kommersialisert, har flere laksegenerasjoner blitt produsert i disse prototypene.

Innledende studier viser at laks kan produseres i semi-lukkede anlegg uten negativ effekter på vekst og overlevelse (Nilsen et al., 2017). Overlevelse målt over en treårsperiode varierte mellom 75,6 % og 99,1 % i 11 lukkede anlegg og fra 71,1 % og 99,2 % i 9 kontrollmerder. I noen tilfeller viste postsmolten i de semi-lukkede anleggene enda høyere overlevelse enn fisk fra de kompatible kontrollgruppene. Overlevelsen av den første generasjonen av postsmolt produsert i en glassfiberforsterket plasttank (GRP) etter 8 måneder i sjø var 99,2 %, sammenlignet med 87,5 % i kontrollgruppen (Handeland et al., 2015a). I et semi-lukket raceway system var overlevelse 98,8 %, mens i kontrollmerden var overlevelsen på 96 %. I noen av de semi-lukkede anleggene har det blitt observert AGD og maneter, og det har i noen tilfeller ført til betydelig dødelighet (Kolarevic et al., 2015; Kolarevic et al., 2017).

Nilsen et al. (2017) rapporterte samme temperaturkorrigert vekstfaktor (TGC) for laks i semi-lukkede anlegg som i tradisjonelle merder, med minimum 2,2 og maksimum 3,6 for semi-lukkede anlegg og 2,2 og 3,8 som minimum og maksimum i merder. Høyere TGC ble funnet for postsmolt opp til 1 kg i GRP-tanken sammenlignet med kontroll (Handeland et al., 2015a). Under produksjonen av første generasjon postsmolt i semi-lukket raceway, ble det registrert en lavere gjennomsnittsvekt der sammenlignet med kontrollen. Dette ble forklart med lavere temperatur i raceway-tanken. Imidlertid var fôromsetningshastigheten (FCR) i racewayen lavere enn for kontrollfisken i de tradisjonelle merdene (Handeland et al., 2015b).

Vannkvaliteten i semi-lukkede anlegg er avhengig av tilfredsstillende design som kan håndtere maksimal biomasse og nødvendig fôringsrate. Den er også avhengig av kvaliteten på inntaksvannet, vannets utskiftingsrate og systemhydraulikken. Ulike vannkvalitetsparametere, som for eksempel CO₂, salinitet og totalt ammonium nitrogen (TAN), kan være høyere i semi-lukkede anlegg sammenlignet med kontroll (Handeland et al., 2015b) eller sammenlignet med det omgivende overflatevannet (Kolarevic et al., 2015), men er fortsatt innenfor anbefalte verdier foreslått for laks i sjøvann.

Oksygen blir vanligvis tilsatt til semi-lukkede anlegg for å sikre oksygenmetning over 85 %. Selv om det er mulig å opprettholde ønsket metning i slike anlegg, vil det noen ganger forekomme kortvarige og brå endringen i oksygenmetning (Nilsen et al., 2014). Problemer med systemet for oksygenering kan føre til rask nedgang i oksygenmetning i anlegget og kan skape varierende miljø i det semi-lukkede anlegget (Kolarevic et al., 2015) (Kolarevic et al., 2014). Redusert vanngjennomstrømning eller økt biomasse i systemet kan føre til økt CO₂ og lavere pH-verdier. Ved CO₂-konsentrasjoner over 15 mg/L og pH 7,0 kan øke risikoen for utvikling av nephrokalsinose (Nilsen et al., 2014). Som et produkt av fiskens metabolisme kan TAN akkumuleres i semi-lukkede anlegg og bør overvåkes jevnlig. Turbiditet og totalt suspenderte stoff (TSS) kan være høyere i semi-lukkede anlegg i forhold til det omgivende sjøvannet (Kolarevic et al., 2015), og faste stoffer kan akkumuleres i systemet dersom vannutvekslingen eller systemets selvrensende system ikke er optimal, noe som potensielt kan påvirke fisken negativt.

Skinnskader, øyeskader og finneslitasje kan bli påvirket under produksjon av postsmolt i semi-lukkede anlegg (Kolarevic et al., 2015) og bør overvåkes. I tillegg bør gjellene scores for AGD og nyrer visuelt sjekkes for eventuelle tegn på nephrocalcinose.

Økonomi

Semi-lukkede anlegg krever mye høyere investeringer enn konvensjonelle notbaserte anlegg. Investeringskostnadene er ulike for de ulike konseptene, men kan ventes å ligge i intervallet 1.400 til 5.000 kr per kbm oppdrettsvolum. Til sammenligning har investeringskostnadene for notbaserte anlegg vært beregnet til om lag 200 kroner per kbm (Iversen et al., 2013).

Investeringskostnadene øker mye om konseptene krever behandling av inntaks- og utslippsvann.

Investeringskostnadene ved semi-lukkede anlegg kan forsvares gjennom to viktige besparelser:

- Reduserte kostnader til forebygging og behandling av lus.
- Reduserte investeringskostnader til påvekstmerder.

Selv om semi-lukkede anlegg krever større investeringer, kan høyere tetthet i første fase redusere behovet for oppdrettsvolum. For å få minst mulig håndtering er det i dag vanlig praksis med utsett av smolt med lav nok tetthet til at fisken kan stå i samme merd til utslakt (final density stocking). Med en tidlig fase i semi-lukket anlegg, og dermed uansett behov for overføring til sjø, vil det være rasjonelt å utnytte muligheten for høyere tetthet i semi-lukket anlegg. Utsettet i semi-lukket kan for eksempel dimensjoneres slik at biomassen når en gitt tetthet, for eksempel 50 kg/m³, ved 500 g. Produksjon av storsmolt på 500 gram vil redusere tiden i sjø med rundt fire måneder sammenlignet med en 100g-smolt. Bedriftens behov for konvensjonelle merder kan i prinsippet reduseres med 20-25 %. Det kreves imidlertid god planlegging for å ta ut denne gevinsten.

Investeringen i et slikt anlegg har vi antatt utgjør 20-60 millioner kr. Vi har regnet kapital- og avskrivningskostnadene per kilo produsert for vårt modellanlegg med utsett av 1,5 millioner smolt per utsett. Vi har forutsatt at man bruker fire måneder på vekst fra 100 til 500 gram, og at et slikt semi-lukket anlegg kan rekke to slike produksjonssykluser per år. Med disse forutsetningene har vi beregnet kapital- og avskrivningskostnadene til å utgjøre mellom 0,30 og 1 kr per kilo slaktet fisk. Slaktevekt er forutsatt å være 5 kg. Vi har ingen sikre indikasjoner på levetid for de ulike konseptene, men har i regnestykket forutsatt en levetid på 10 år. Vedlikeholdskostnader må forventes å være noe høyere enn for konvensjonelle nøter.

Vi har lite erfaringstall å bygge på for å estimere driftskostnadene for semi-lukkede anlegg. Den viktigste kostnadsbesparelsen i forhold til konvensjonelle nøter er at semi-lukkede anlegg gir mindre lus, uten at de kan sies å være helt lusefrie. Lusekostnader utgjorde i 2016 anslagsvis 4 kroner per kilo, noe som gir en indikasjon på potensialet for besparelser. Kostnadsbesparelsene kommer gjennom spart innsats til behandlinger, rensefisk, notvask osv. Med fire måneder i semi-lukket anlegg blir man ikke kvitt disse kostnadene, men eksponeringen for lus reduseres betydelig. Fisk som settes i lukket anlegg på våren, og dermed i sjø på høsten, vil møte den krevende høsten som lusefri, med dertil høyere sannsynlighet for å komme seg gjennom høsten uten behandlinger.

De generelle driftskostnadene knyttet til overvåkning og drift er forventet å være sammenlignbare med konvensjonelle nøter.

Semi-lukkede anlegg er antatt å gi positiv (dog liten) effekt på vekst og dødelighet.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Semi-lukkede anlegg i sjø virker ved å hindrer fysisk kontakt mellom lusekopepoditter og laks, involverer ikke bruk av medikamenter eller kjemikalier, og skaper ikke resistens hos lusa. Metodene krever ingen håndtering av laksen. Vannkvaliteten, inkludert oksygenmetning og konsentrasjon av CO₂, TAN, turbiditet og TSS bør overvåkes, og det kan være nødvendig å behandle inntaksvannet for å sikre seg mot inntak av lakselus og andre arter som kan skade fisken som f.eks. maneter og patogene mikroorganismer. Noen anlegg har funnet det nødvendig å bygge høye sprutskjermer for å hindre lusa i å komme inn over kanten.

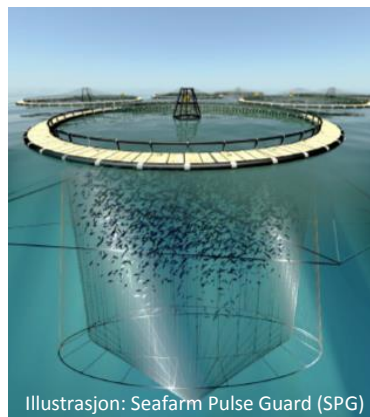
Beste praksis

- Beskrive og forstå hydrodynamikken i anleggene for å sikre god fordeling og jevn konsentrasjon av oksygen i hele vannsøylen.
- Tilpasse vannhastigheten til den optimale svømmehastigheten til fisk.
- Sikre god transport av partikler ut av anlegget.
- Overvåke vannkvalitet inkludert konsentrasjon av O₂, CO₂, TAN, turbiditet og TSS.
- Bygge sprutskjermer og sikre god kvaliteten på inntaksvannet med fokus på lus, maneter og eventuelt patogener.
- Forebygge klogging av de grove filtrene på inntaksvannet.
- Enkle daglige driftsrutiner.

5.4.4 Strømgjerder mot lus

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Seafarm Pulse Guard (SPG) er en metode for å bekjempe infisering av lakselus i oppdrettsanlegg (NorskFiskeoppdrett, 2011). SPG er et patentert system der strømpulser danner et elektrisk felt i sjøen i umiddelbar nærhet og rundt oppdrettsanleggene for å hindre at lakselus kommer inn i merdene og infiserer laksen (FHF – prosjekt nr. 901314). Systemet skal redusere lusepåslag ved at elektriske pulser inaktiverer kopepoditter som driver inn i merden (Provan, 2017). Det brukes en strømpulseringsteknologi som går fra havoverflaten og ned til 10 meters dybde. Strømpulsene er ufarlige for mennesker og fisk, men slår ut lusen, siden den er så liten og ikke har noen beskyttelse når den kommer seilende med sjøstrømmen (Sysla.no, August 2015). I kombinasjon med leppefisk/rognkjeks sikter systemet seg mot å eliminere behovet for kjemiske behandlinger (Provan, 2017). I følge leverandøren er anlegget utstyrt med overvåkning slik at driftspersonell får en melding ved bortfall av strømmen.



Effektiviteten av behandlinga

Dette er en forholdsvis ny teknologi, og det er lite tilgjengelig vitenskapelig dokumentasjon av effekten. Innledende dokumentasjon viste at strømpulser så ut til å bidra til reduksjon av påslag av lakseluslarver i oppdrettsanlegg. Nye påslag av lus var fordelt med 20–30 % av antallet i forsøksgruppene og 70–80 % i kontrollgruppene, fisk i pulsgruppen hadde signifikant lavere nypåslag og total antall lus/fisk, og det var signifikant reduksjon i kopepoditt og Chalmus i stadier ved bruk av SPG (Ingvarsdottir et al., 2012; Provan, 2017). Nytt prosjekt med Fullskala dokumentasjon av strømgjerde mot lakseluspåslag (SPG) er under arbeid (FHF #901314, 2016-2017).

I et intervju med kyst.no (November 2016) forteller Seafarm Development (SFD) at de har installert et fullskala strømgjerde hos Bolaks i Fusa, og et fullskala hos Lerøy Seafood Group i Austevoll. Hos Bolaks vart det installert i slutten av juli 2016, og har ifølge SFD fungert godt. Strømgjerdet gir ut pulser på inntil 48 volt, og skal inaktivere luselarvene for å forhindre påslag på fisken og videre spredning av lus. De opplyser at de i tillegg til planlagt utsett av rensfisk også har gitt fisken en Slice-kur. Dette var mest for å forebygge framtidige påslag, ikke fordi det var lus på fisken. Det er for øvrig lite tilgjengelig data som kan fastslå effekten av behandlinga.

Påvirkning på fisken

SPG teknologi har blitt testet i laboratoriefasiliteter (2007-2009), i en småskaletest (2010-2014), og i et pilotforsøk (2015-2016) (Provan, 2017). Videre så blir SPG-teknologien nå testet og validert i kommersiell skala som en del av det FHF finansierte prosjektet "Fullskala Dokumentasjon av strømgjerde mot lakseluspåslag (# 901314)". Prosjektet sluttføres i siste kvartal 2017 og vil gi viktige data i forhold til effekten av metoden og påvirkning på fisk. I dette prosjektet er et av målene å dokumentere relevante produksjons- og velferdsindikatorer ved bruk av SPG teknologi. Parametere som for eksempel generell utseende på fisken, kondisjonsfaktor, vekt, og kvaliteten på gjelle og skinn vil bli dokumentert. I tillegg vil dødelighet, vannkvalitet og vannhastighet registreres, og det vil bli gjort histologiske og histokjemiske analyser (Provan, 2017).

I en fem-måneders langt småskaletest ble effekten av SPG på fiskevelferd og ytelse dokumentert og sammenlignet med kontrollgruppen (fisk fra samme lokasjon). Ingen signifikante forskjeller ble funnet i kondisjonsfaktor, individuell vekt, lengde eller vekt av lever (Ingvarsdottir & Provan, 2012). Laks fra merden med elektrisk gjerde så alltid bedre ut, med mindre finneskader og bedre tilstand på skinnen sammenlignet med kontrollfisken (Ingvarsdottir & Provan, 2012). Stressindikatorer, som kortisol og glukose var ikke signifikant forskjellig for de to behandlingene, og proteomikkanalyse avdekket ingen proteiner relatert til belastningsrespons etter første prøvetakning. Ved slutten av forsøket hadde kontrollgruppen høyere ekspresjon av proteiner relatert til infeksjon av lus sammenlignet med fisk beskyttet av SPG-teknologien (Ingvarsdottir & Provan, 2012).

Økonomi

Av kapasitetshensyn og metodens utviklingsstatus er det ikke gjennomført analyser av kostnadene forbundet med denne metoden. Kostnadene vil trolig i hovedsak være knyttet til avskrivningene av investeringen. I følge Provan (2017) er kostnaden ved denne metoden 1-2 kr/kg sammenlignet med et gjennomsnitt for næringen på 5-6 kr/kg.

Kritiske momenter

Dette er en preventiv, kjemikalie – og håndteringsfri metode for lusekontroll som har miljømessig positiv effekt og ivaretar oppdretternes eksisterende investeringer. I kombinasjon med rensfisk sikter metoden på å eliminere behovet for kjemisk avlusing. Bruken av denne metoden er derfor svært

skånsomt for fisken sammenliknet med andre metoder for lusebekjempelse. Metoden er avhengig av kontinuerlig strømforsyning, systemet bør derfor ha fokus på tiltak under eventuelle strømbrydd. Det er også viktig å registrere hvordan gjerdet oppfører seg i ulike værforhold. Vil gjerdet komme i kontakt med merden under en storm eller i områder der det er sterke strømmer, og kan det medføre dragninger og deformering av merden? Omveltninger i sjø kan føre lus til lus i dypere lag av vannsøylen og effektiviteten av elektriske gjerder under slike forhold bør undersøkes. Siden dette er en metode under utvikling er det videre vanskelig å peke på ytterligere kritiske momenter.

Beste praksis

Siden dette er en metode under utvikling er det på nåværende tidspunkt noe vanskelig å beskrive beste praksis. Generelt kan det være fornuftig å ha fokus på fiskens adferd og plassering i merden, videreutvikling av tiltak ved eventuell strømbrydd, registrere hvordan gjerdet oppfører seg i ulike værforhold, samt se på nødvendig innblandingprosent av rensefisk ved bruk av denne metoden, også ved ulike temperaturer/årstider.

5.5 Forebyggende biologiske tiltak

5.5.1 Fôr

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Komponenter i fôr, enten i form av tilsetningsstoffer eller som naturlige bestanddeler i fôrråvarer, kan tenkes å påvirke lakselus både ved hindring av påslag og ved effekter på lusen etter påslag. Blant mulige mekanismer er:

1. Styrking av fiskens eget forsvar mot lus, f.eks. ved:
 - Stimulering eller modifisert immunforsvar.
 - Økt mucusproduksjon og forbedret sammensetning av mucus.
 - Styrket barrierevev.
2. Påslagshemmere
 - Kamouflasje av kjemiske signaler fra fisken som tiltrekker lus.
 - Repellenter.
3. Hemming av lusen etter påslag (gifteffekt)

Alle de tre største fôrselskapene i Norge, Skretting, Cargill Aqua Nutrition (Ewos) og Biomar, tilbyr medikamentfrie, funksjonelle fôr mot lus. I tillegg til fôr som er ment å styrke immunforsvaret og beskytte både mot lus og andre infeksjoner, har alle egne produktlinjer rettet spesifikt mot lus. I disse er komponentene som styrker immunforsvaret supplert med komponenter mot lus. Det er brukt stoffer for å kamuflere fisken for lusen, stoffer som skal ha repellent-effekt og stoffer som skal gi økt mucusproduksjon og/eller forbedret mucussammensetning.

De to andre produsentene som er spurt, Aller Aqua og Polarfeed, tilbyr begge fôr med et mineralbasert tilsetningsprodukt fra Biofeed AS (www.biofeed.no). Dette er basert på lovende resultater fra forsøk utført av Aller Aqua med Nofima som FoU-partner (Bogevik et al., 2016). Virkningsmekanismer for dette produktet er ikke fullt ut klarlagt, men det er indikasjoner på forbedret mucusproduksjon.

Selskapet Havsbrun som produserer fôr på Færøyene leverer p.t. ikke fôr til Norge, men har også produktet fra Biofeed under testing. Marine Harvest Fish Feed AS har ikke vært spurt.

Oppdrettergrupperingen Salmon Group har egne vekstfôrformuleringer og har også eget lusefôr (funksjonelt fôr) som skal gi forbedret slimlag. Dette er basert på virkestoff levert av Alltech og benyttes fra utsett (100-120 g) til slakt (5,5 kg rund vekt). Fôrleverandørenes anbefaling for bruk av de funksjonelle fôrene mot lus varierer ellers fra 2-3 ukers «pulsfôring» med like lange pauser i mellom, til kontinuerlig bruk av fôret

Effektiviteten av behandlinga

Opplysninger fra leverandørene

De tre største fôrprodusentene opplyser om effekter på 20-30 % reduksjon i påslag av lus for deres produkter. Produktene er for det meste testet i karforsøk hvor det hovedsakelig er mengden påslag som måles og hvor eventuelle effekter på lusens videre utvikling ikke er målt. Det skal i noen tilfeller være sett større effekter enn 20-30 % i feltstudier.

Vitenskapelig litteratur

Den tilgjengelige, vitenskapelige litteraturen om effekter av fôr på lakselus er sparsom og fragmentarisk. Mesteparten av forskningen som blir gjort på dette feltet er finansiert og gjennomført av industriaktører, særlig fôrleverandørene. Utvikling og markedsføring av funksjonelle fôr til laks er en viktig konkurransearena for alle de store fôrleverandørene. Det er grunn til å tro at det legges ned en stor innsats av til dels god vitenskapelig kvalitet på FoU på funksjonelle fôr mot lakselus, uten at dette blir publisert. Det betyr at publiserte studier gir et ufullstendig og trolig også skjevt bilde av den kunnskapen som finnes. Det er usikkert i hvor stor grad de produktene som er rapportert testet i publiserte studier overlapper med de som er brukt kommersielt i funksjonelle fôr.

De fleste av de relevante vitenskapelige artiklene omhandler effekter av immunstimulanter gitt via fôret. Burrells et al (2001) fant en 38 % reduksjon i lusepåslag ved tilsats av nukleotider i fôret. Refstie et al. (2010) fant indikasjoner på reduksjon av lus ved tilsats av betaglukan (Macrogard™) i fôret, i tillegg til en klar effekt av solsikkemel. Covello et al. (2012) sammenlignet ulike potensielle immunstimulanter og fant reduksjon av lus ved tilsats av CpG ODN (cytocine phosphat guanine oligo deoxynucleotide, 31-41 % reduksjon) og et løselig gjærekstrakt (11-31 % reduksjon), mens de så økning av mengde lus etter fôring med betaglukan (ProVale, 24 % økning). Arbeidet til Purcell et al. (2013) bekreftet en effekt av CpG ODN.

Planter har utviklet et bredt utvalg av forsvarsmidler mot parasittiske insekter og mikroorganismer, blant dem sekundære metabolitter som fenoler, alkaloider, glukosinolater, terpenener, saponiner, m.fl. Det er publisert noen arbeider som indikerer effekter av planteråvarer eller ekstrakter fra planter på lakselus. I forsøket til Refstie et al. (2010) med laks i merd hadde fisk fôret med blanding av soya og solsikkemel mindre lus enn fisk gitt bare soyamel og fiskemel. Holm et al. (2016) fant noe redusert påslag av lakselus (17-25 %) på laks tildelt fôr tilsatt glukosinolater. Et ikke spesifisert ekstrakt fra planter ble også rapportert å ha en 20 % effekt på lus av Jensen et al. (2015).

Praktisk bruk

For oppdretteren er effekter av fôr vanskeligere å se og skille klart ut fra andre faktorer, enn effekten av de fleste andre tiltak mot lus. Dette skyldes dels at forventet effekt som regel er lav (20-30 % er oppgitt fra de største fôrleverandørenes side). I motsetning til typiske behandlingsmetoder som

utføres i løpet av timer, må funksjonelle fôr brukes over flere uker for å ha effekt. Dermed har man ikke før- og etter-situasjoner som er direkte sammenlignbare. Effekter av fôr er også vanskeligere å etterprøve enn effekter av andre forebyggende tiltak, som for eksempel vaksiner og avl. Dette skyldes at mens fisk med ulik genetisk opphav eller vaksinasjonsstatus testes mens de går i samme merd, må sammenligning av fôr skje ved at ulike fôr gis til fisk i ulike merder. Dersom lakseoppdrettere ønsker en god validering av effektene av fôr i felt, krever dette at en samtidig fører flere merder med fôr med og uten de funksjonelle komponentene. Siden variasjonen i lusepåslag mellom fisk er svært stor og den forventede effekten relativt lav, kreves det flere merder (gjentak) enn det en trenger i de fleste andre fôringsforsøk. Beregninger gjort basert på resultater fra kontrollerte smitteforsøk i små forsøksmerder tyder på at en må ha 5 merder på hvert fôr for å detektere en effekt på 30% med tilstrekkelig sikkerhet, det vil si at det trengs 10 merder for å teste ett funksjonelt fôr mot et standardfôr (Gjerde & Hatlen, 2012). For å detektere en forskjell på 20 % vil en trenge 11 replikate merder, dvs. 22 totalt. Disse beregningene er basert på forsøk med kontrollert smitte, og det er trolig at i en situasjon med naturlig smitte så vil kravet til antall merder være enda større.

Påvirkning på fisken

Det er ikke grunn til å tro at noen av de fôrene som tilbys som forebygging av lakselus har noen negative effekter på fiskevelferd, helse eller ytelse. De fleste av de funksjonelle fôrene som tilbys har komponenter som er ment å stimulere immunforsvaret og dermed kunne styrke fiskens forsvar mot flere ulike infeksjonssykdommer. Ifølge fôrprodusentene kan dette gi verdifulle tilleggseffekter som økt toleranse for behandlingsstress ved avlusning, og raskere restitusjon. De funksjonelle fôrene antas også å kunne gi mindre skader og bedre behandlingseffekt med mekaniske metoder pga. bedre slimlag (lusen sitter dårligere). Det er fremholdt som viktig av flere fôrprodusenter at de funksjonelle komponentene legges inn i fôr som i utgangspunktet gir høy ytelse. For eksempel oppga en av produsentene at forventet forskjell i tilveksthastighet på de fôrlinjene i deres sortiment som gir høyest og lavest ytelse er rundt 10% eller tilsvarende en forskjell i produksjonstid på rundt 1,5 måneder. Det å bruke et fôr som gir høy ytelse vil dermed lett kunne spare oppdretteren for en lusebehandling.

Relevante og egnede Operative Velferdsindikatorer (OVI) i denne sammenhengen, for å vurdere virkningene av lusebehandling i fôr i forhold til fiskens velferd, kan være i) sløv fisk, ii) dårlig appetitt, iii) dødelighet og iv) endring i farge (mørkere). Også helseindikatorer som v) tarmstatus (Sundh et al., 2010) er en viktig indikator.

Økonomi

Det ble gitt sparsomt med opplysning om fôrpris fra de største fôrprodusentene. Gitt at tilvekst og fôrfaktor ikke påvirkes vil differansen i fôrpris utgjøre den vesentlige kostnadskomponenten ved dette tiltaket. Dersom vi antar spesialfôret benyttes gjennom hele produksjonssyklusen og prisen er 5% høyere vil dette medføre en tilleggskostnad på om lag 0,66 kr/produsert kg basert på en gjennomsnittlig fôrkostnad på 13,18 kr/kg produsert (Fiskeridirektoratet, 2016). Den faktiske tilleggskostnaden avhenger lineært av prisdifferansen.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Det er ikke gitt veldig klare anbefalinger fra fôrprodusentene om hvordan produktene skal brukes («pulsfôring» vs. kontinuerlig). Det virker som dette i stor grad bestemmes i dialog mellom produsent og oppdretter i hvert enkelt tilfelle. Det fremholdes som viktig at de funksjonelle komponentene legges inn i en fôrlinje som gir høy ytelse, som igjen gir kortere produksjonstid og redusert eksponering for lus.

Beste praksis

Så lenge dokumentasjonen på de produktene som finnes tilgjengelig er leverandørenes, kan det bare henvises til leverandørenes anbefaling for bruk. Med de virkningsgradene som i dag oppgis (20-30 % reduksjon av påslag) er det nesten umulig i praksis å gjøre en fullgod validering av produktens virkning i felt. Stort sett vil oppdretterens bruk av «metoden» funksjonelle fôr være til forveksling lik vanlig fôring.

Det er også viktig å påpeke det som en av fôrproduzentene som ble intervjuet sa: «Funksjonelle fôr er ikke produkter som står alene i kampen mot lus, men de styrker laksen før behandling og øker laksens beskyttelse mot lakselus. For å hente ut de funksjonelle fôrenes fulle potensiale bør de inngå som en del av en helhetlig bekjempelsesstrategi mot lus.»

5.5.2 Avl

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Gjennom avlsarbeid endres økonomisk viktige egenskaper i ønsket retning. En viktig forutsetning er at egenskapene viser genetisk (arvelig) variasjon. Arvelig variasjon i en egenskap skyldes ulik frekvens mellom individer i gener som påvirker egenskapen. Gjennom målrettet avl for en egenskap vil frekvensen av de gen som påvirker egenskapen positivt øke mens frekvensen av de gen som påvirker egenskapen negativt vil minke. Arvelig variasjon i antall lus per fisk kan skyldes variasjon mellom fisk i ulike komponenter av fiskens forsvarsmekanismer, for eksempel slim og hud. Vi trenger ikke vite hvilke komponenter dette er for å gjøre et målrettet utvalg for økt motstandskraft mot lus.

Graden av arvelig variasjon i motstandskraft mot lus hos laks kan vi undersøke ved å telle antall lus per fisk på et stort antall fisk med kjent slektskap. Det kan gjøres i en felttest der fisken blir naturlig infisert med lus, eller i en kontrollert smittetest der fisken i et kar blir infisert ved å tilføre karet en bestemt mengde lusearver (kopepoditter). Etter kort tid vil dette resultere i lusepåslag hos fisken som testes. Fordelen med slike kontrollerte smittetester er at vi kan oppnå et relativt høyt antall lus per fisk, i gjennomsnitt 10-15, som gjør at en stor andel av testpopulasjonen blir informativ; dvs. få med ingen lus. Sammenlignet med felttester hvor vi er prisgitt naturlig påslag av lus gir dette mer nøyaktige resultater som bedre identifiserer genetisk sterke familier.

Hos laks er det gjennomført mange forsøk med telling av lus i felt- og smittetester. I noen av disse har en talt både fastsittende, bevegelige og voksne lus. I feltforsøk har en jamt over funnet lavere arvegrader for antall lus per fisk (Glover et al., 2005; Kolstad et al., 2006) enn i smittetester (Gjerde & Hatlen, 2012; Houston et al., 2014; Kolstad et al., 2006; Ødegård et al., 2014; Tsai et al., 2016), noe som mest trolig skyldes sterkere lusepåslag i smittetestene.

Den fenotypiske variasjonen i antall lus per fisk er svært stor, for eksempel to til tre ganger større enn for egenskap tilvekst. Det betyr at den arvelige variasjonen for egenskapen antall lus per fisk er svært stor hos laks, selv om arvegraden er relativ lav. Potensialet for å utvikle en laks med økt motstandskraft mot lus gjennom seleksjon er derfor stor, faktisk større enn for de fleste andre egenskapene det gjøres utvalg for i avlsarbeidet.

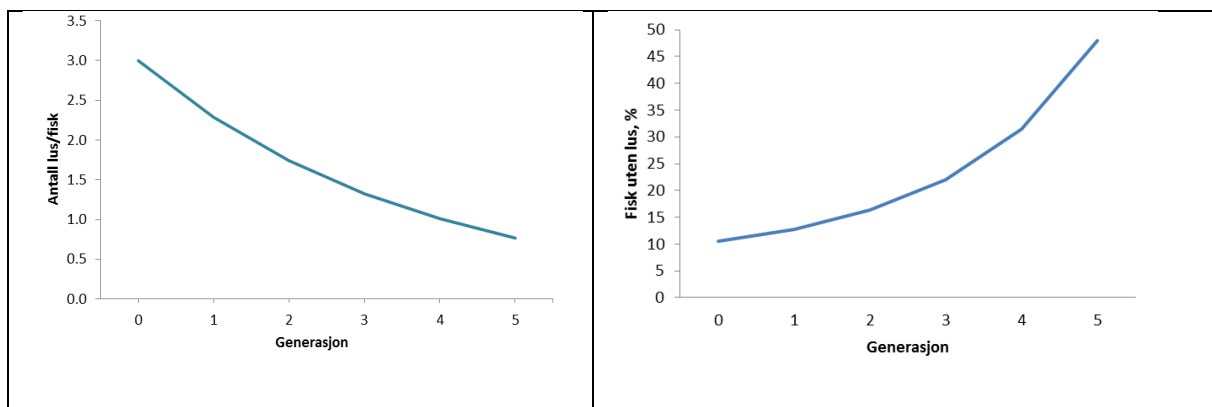
Den genetisk korrelasjon mellom antall fastsittende og voksne lus talt på ulike tidspunkt er funnet å være høy (Gjerde, Pers. komm.). Det er også dokumentert høy genetisk korrelasjon mellom antall fastsittende lus registrert i to påfølgende smittetester med avlusing etter den første (Gjerde, Pers. komm.; Ødegård et al., 2014), og også høy genetisk korrelasjon mellom antall lus registrert på samme

fisk ved to ulike tidspunkt på året (Gjerde, Pers. komm.). Disse resultatene viser at seleksjon for økt motstandskraft mot lus basert på antall fastsittende lus vil gi økt motstandskraft for alle livsstadier til både lusa og fisken. Det langsiktige målet med avlsarbeidet mot lus er likevel å over tid å utvikle en fisk som ikke lusa fester seg på. Da vil lusa heller ikke kunne utvikle seg til kjønnsmoden lus og produsere nye luselarver som spres i laksepopulasjonen.

Gjentatte tellinger av antall lus på de samme fiskene indikerer også betydelig arvelig variasjon i motstandskraft mot lus hos regnbueørret (Gjerde, pers. med.), en art som er mer mottakelig for lus enn atlantisk laks (Gjerde & Saltkjelvik, 2009). Gjennom et målrettet avlsarbeid kan vi derfor også utvikle en regnbueørret med økt motstandskraft mot lus.

Effektiviteten av behandlinga

Utover størrelsen på den genetiske variasjonen bestemmes den genetisk framgangen for økt motstandskraft mot lus også av hvor stor relativ vekt det legges på denne egenskapen i forhold til andre egenskaper det selekteres for. Om vi i avlsarbeidet bare gjør utvalg for egenskapen økt motstandskraft mot lus, og vi basere utvalget på antall lus registrert bare på søskena til avlskandidatene, kan vi oppnå en forvente genetisk framgang på 15-20 % per laksegenerasjon (3-4 år), og en akkumulert framgang på 50-75 % over fem generasjoner (Figur 7).



Figur 7 Forventet utvikling i antall tal lus per fisk og andel fisk uten lus ved utvalg bare for økt motstandskraft mot lus i fem generasjoner. Smittetest av 300 familier hver med 14 fisk, arvegrad 0.20 for antall lus per fisk, og genetisk korrelasjon 0.9 mellom antall lus per fisk i smittetest og felt.

Om vi i tillegg registrerer antall lus på avlskandidatene kan vi oppnå enda større framgang ved at vi i tillegg til å kunne selektere avlskandidaten fra de beste familiene også kan identifisere de beste kandidatene inne de beste familiene. Ved genomisk seleksjon (Meuwissen et al., 2001) kan denne framgangen økes ytterligere fordi vi oppnår høyere sikkerhet i utvalget av stamfisk (Houston et al., 2014; Ødegård et al., 2014; Tsai et al., 2016), og faktisk også høyere seleksjonsintensitet uten å registrere antall lus på avlskandidatene.

Om epidemiologiske effekter (Figur 7b) kan gjøre at den virkelige framgangen blir større enn den forventa framgangen gjenstår å dokumentere.

I avlskjernen ønsker en å gjøre utvalg for flere egenskaper samtidig. Dette medfører at framgangen for motstandskraft mot lus nødvendigvis bli mindre enn om en bare gjør utvalg kun for denne egenskapen. Den strenge tiltaksgrensen for behandling mot lus, i dag 0,5 voksne hunnlus per fisk, gjør at en generasjons seleksjonsframgang for motstandskraft mot lus ikke nødvendigvis resulterer i en

reduksjon i antall lusebehandlinger per utsett. Det antas likevel at oppdrettsselskaper som opererer mange lokaliteter vil kunne observere en slik umiddelbar effekt.

Så langt finnes det liten dokumentasjon på effekten av avl mot lus. SalmoBreed rapporterer at de har redusert lusetettheten i avlskjernen med 10 % i løpet av 2,5 generasjoner med tradisjonell familieseleksjon (Hillestad et al., 2017). AquaGen rapporterer 96-120 % flere lus første dag etter smitte på en gruppe lavresistent (LR) sammenlignet med en gruppe høyresistent (HR) laks (Ødegård et al., 2017). Forskjellen mellom de to gruppene avtok de påfølgende dagene, men økte igjen mot slutten av den fem dager lange testen. I gjennomsnitt over hele perioden hadde LR fisken 49-68 % flere lus enn HR fisken.

Effekten av seleksjon er kumulativ, noe som innebærer at fiskens motstandskraft mot lus øker for hver ny laksegenerasjon, og at luseproblemet i næringen dermed reduseres. Over tid vil dette resultere i færre behandlinger per utsett, og at en på lang sikt kanskje ikke trenger å behandle fisken mot lus gjennom produksjonen. Derfor er det ikke utenkelig at et målrettet avlsarbeid mot lus over tid kan gjøre at luseproblemet primært håndteres og holdes på et lavt nivå av avlsselskapene, og at en unngår dagens situasjon med ulike behandlingstiltak av fisken i de fleste merder flere ganger i året.

En slik utvikling forutsetter at det legges betydelig vekt på egenskapen motstandskraft mot lus i avlskjernen, og uansett vil det ta mange laksegenerasjoner før en oppfyller en slik visjon. Det lange tidsperspektivet en må ha ved avl for økt motstandskraft mot lus gjør det derfor vanskelig for et avlsselskap alene å legge stor vekt på denne egenskapen, da en slik strategi på kort sikt kan gjøre deres genetiske materiale mindre konkurransedyktig for andre egenskaper. En langsiktig avlsstrategi med stor vekt på motstandskraft mot lus blir derfor lett nedprioritert. For et integrert selskap med eget avlsarbeid og som ikke selger genetisk materiale til andre kan dette vurderes annerledes.

Et alternativ for avlsselskapene kan være å etablere egne avlslinjer for utvikling av et luseresistent materiale, utviklet i tillegg til og parallelt med avlskjernen. I disse linjene selekteres det kun for denne egenskapen, eller eventuelt i kombinasjon med en viss vektlegging av en egenskap som tilvekst. Økt toleranse for lus vil utvikles raskt i slike linjer, og vil i løpet av få generasjoner resultere i et materiale som krever færre lusebehandlinger gjennom produksjonssyklusen. På det tidspunktet kan en slik linje enkelt oppformeres for produksjon av store mengder øyerogn for å dekke næringens behovet for slikt materiale.

Utvalg for en laks med større motstandskraft mot lakselus vil ha stor økonomisk verdi på tre områder: 1) redusert behov for avlusing gjennom produksjonsfasen, 2) redusert risiko for utvikling av lakselus som er resistent mot de medikamenter som benyttes i lusebekjempelsen og dermed øke levetida på disse, og 3) redusert smittepress av lakselus på vill laksefisk.

Påvirkning på fisken

Som omtalt over forutsetter avlsarbeid mot lus at en registrerer antall lus per fisk på et fiskemateriale med kjent familiestruktur, enten i en felttest eller en kontrollert smittetest. For tilstrekkelig presisjon i arbeidet ønsker en i slike tester å oppnå et relativt høyt påslag av lus, men over en relativ kort tidsperiode på to til tre uker inntil de fastsittende lusa er store nok til å kunne telles. Etter dette kan fisken raskt avluses med en skånsom metode. En lusetest kan derfor sies å påføre forsøksfisken en relativ beskjeden belastning. Et annet viktig poeng er at gjennom å utsette testfisken for denne belastninga kan vi oppnå bedre dyrevelferd for de mange millioner fisk i ordinær produksjon. Avl for

økt motstandskraft mot lus vil derfor øke fiskens velferd gjennom et redusert lusepåslag, og påfører ikke fisken skade fordi den økte motstanden bygges inn i fiskens genetikk.

Fra husdyrbruket vet vi at seleksjon for en egenskap kan gi en uønsket korrelert effekt på en annen egenskap (Rauw et al., 1998). Det kan skje dersom de to egenskapene er ugunstig genetisk korrelerte og at det ikke tas høyde for dette i avlsarbeidet ved å registrere og selektere for begge egenskapene samtidig. Hos laks er det få estimater av genetiske korrelasjoner mellom motstandskraft mot lus og andre egenskaper. De genetiske korrelasjonene mellom motstandskraft mot lus og henholdsvis tilvekst, ILA og PD er alle funnet å være tilnærmet lik null (Gjerde, Pers. komm.), og innebærer at seleksjon for økt motstandskraft mot lus ikke vil medføre negative effekter for noen av disse egenskapene. Det er viktig å også få estimert størrelsen på de genetiske korrelasjonene mellom motstandskraft mot lus og andre viktige egenskaper.

Økonomi

Investering i avlsarbeidet

En kontrollert smittetest med lus for et relativt stort familiemateriale (300 familier, 15 fisk/familie) koster i størrelsesorden 1,5-2 mill. kroner. Ved genomisk seleksjon kommer i tillegg genotypekostnader av avlskandidatene, en kostnad som er proporsjonal med antall fisk som genotypes. Totalkostnaden for en smittetest av avlskjernen med lus inkludert genomisk seleksjon vil dermed realistisk sett ligge i området 3-4 millioner kroner per år, avhengig av om det arbeides med individmerkede avlskandidater eller ikke. De involverte genotypekostnadene kan eventuelt også fordeles på andre egenskaper det gjøres genomisk seleksjon for. For hele næringen vil kostnaden for test og seleksjon for økt motstandskraft mot lus i avlskjernen raskt summere seg til i størrelsesorden 12-16 mill. kroner gitt at alle de fire avlsselskapene i Norge (SalmoBreed, AquaGen, Marine Harvest og SalMar/Rauma) gjør dette. I tillegg kommer genotyping av et stort antall stamfisk på oppformeringsleddet (stamfiskstasjonene) for å kunne tilby oppdretterne spesialprodukter med et høyere genetisk nivå enn i avlskjernen for noen utvalgte egenskaper.

Seleksjon for økt motstandskraft mot lus medfører som tidligere nevnt mindre vektlegging og genetisk framgang for andre egenskaper. Dette representerer en kostnad som trolig er mye større enn kostnadene anslått over for smittetesting og genotyping, avhengig hvor stor relativ vekt som forbeholdes egenskapen lus. Det foreligger ingen publiserte estimater for slike kostnader, heller ikke beregninger av den økonomiske verdien av økt motstandskraft mot lus. Dagens tiltak mot lus (renséfisk, legemidler, anti-lus-fôr, laser, spyling, osv.) har alle en relativ kortsiktig virkning. Bruk av disse innebærer dermed en stor årlig kostnad så lenge smittepresset fra lus ikke reduseres. Det gjelder også for eventuelle nye tiltak som lukkede merder eller utvikling av en effektiv vaksine mot denne ektoparasitten. Dagens tiltak mot lus er også forbundet med et stort merarbeid for den enkelte matfiskprodusent, og mulige menneskelige belastninger ved å stadig måtte behandle fisken mot lus skal heller ikke ignoreres. Det er behov for en grundig økonomisk kost/nytte-analyse av dette alternativet, både i et kortere og lengre tidsperspektiv.

SalmoBreed startet med smittetest mot lus for deres avlskjerne årsklasse 2007, og rapporterer å ha oppnådd en redusert lusetetthet på ca. 10 % i løpet av 2,5 generasjoner med tradisjonell familieseleksjon. De tilbyr i dag øyerogn etter foreldre som er genomisk selekterte (GS-lus) for økt motstandskraft mot lus, og som derfor er ytterligere styrket med hensyn til motstandskraft mot lus.

AquaGen startet med smittetest mot lus for deres avlskjerne årsklasse 2011. De tilbyr øyerogn etter andre generasjons genomisk selekterte foreldre (GEN-InnOva GAIN), og øyerogn etter markørassistert selekterte (QTL) foreldre med lav andel fisk svært mottakelig for lus (QTL-InnOva LICE). GEN-InnOva GAIN ble lansert i 2016 med en forventet effekt på 30-40 % færre lus i forhold til årsklasse 2011. I rognsesongen 2016/2017 var ca. 25 % av lakserogna et GEN-InnOva GAIN produkt, mens 100 % av lakserogna var et QTL-InnOva LICE produkt.

Marine Harvest har de siste to årene gjennomført flere smittetester mot lus for å også kunne selektere for økt motstandskraft mot lus, inkludert genotyping av et stort antall avlskandidater med tanke på både QTL og genomisk seleksjon. Første seleksjon vil skje høsten 2017.

Produksjonskostnadsimplikasjoner

Den selekterte øyerognen selges i dag generelt til en noe høyere pris enn øvrig øyerogn, noe som isolert sett vil gi oppdrettere økte driftskostnader. Fra en rognprodusent fikk vi opplyst en tilleggspris på om lag 1 kr/stk. Dersom vi forutsetter en overlevelse fra øyerogn til klekking på 95 %, fra klekking til ferdig smolt på 75 % og fra smolt til slaktefisk på 90 % gir dette en total overlevelse for øyerogna på 64 %. Med en slaktevekt på 4,9 kg tilsier dette en tilleggskostnad for den selekterte øyerogna på 0,32 kr/kg slaktet.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

Et avlsselskap tester hvert år omlag 300 fullsøsken-familier. For å oppnå en sikker rangering av familiene med hensyn til motstandskraft mot lus bør en teste 10-15 fisk per familie; dvs. 3000 - 4500 fisk per årsklasse. Å telle lus på så mange fisk er en omfattende jobb. For å få pålitelige lusetall bør en telle fastsittende lus, altså i løpet av perioden på 2-3 dager før lusene utvikler seg til bevegelige lus som har en tendens til å falle av under håndtering av fisken. En erfaren person teller i gjennomsnitt 15-20 fisk per time, så dette arbeidet krever mange involverte. Et alternativ er å infisere testfisken i flere runder med for eksempel en uke mellom hver, slik at en har færre fisk å telle i den kritiske 2-3 dagers perioden. Lusetelling må skje under gode lysforhold og av personer med godt fargesyn.

For å motivere til utvikling og bruk av et genetisk materiale med større motstandskraft mot lakselus, er det behov for god dokumentasjon av hva en kan oppnå i form av redusert antall avlusinger på kommersielle matfisklokaliteter. En slik dokumentasjon må baseres på parallell testing av avkom etter laks selektert for bedre motstandskraft mot lakselus og avkom etter laks som ikke er selektert for denne egenskapen, på noen få lokaliteter med ulikt smittepress.

Det er stort behov for å utvikle ny og bedre teknologi for telling av lus, både for å få mer pålitelige lusetall per fisk og for å kunne gjennomføre tellingen på kortere tid.

Noen påstår at avl for økt motstandskraft mot lus er et sisyfosarbeid (fåfengt evighetsarbeid) fordi lusa vil tilpasse seg laksen, og til og med bli mer skadelig for laksen, fordi den har et langt kortere generasjonsintervall enn laksen. Men bakterier og virus har et langt kortere generasjonsintervall enn lusa, og det finnes gode eksempler på at avl mot virus (IPN hos laks, (Storset et al., 2007)) og bakterier (mastitt hos melkeku, (Heringstad et al., 2003)) har gitt positive resultater.

Tilsvarende argument har vært brukt mot å selektere for økt motstandskraft mot sykdommer hos våre tradisjonelle husdyr. Men hos sau har en gjennom avl dokumentert økt motstandskraft mot parasitter i både tarm og hud, og en har ikke kunnet dokumentert at parasitten har tilpasset seg vertsdyr med større motstand mot parasitten (Kemper et al., 2009).

Teoretiske studier av parasitttilpasning hos verter med ulik genetisk motstand mot en parasitt har vist at den arvelige variasjonen som er tilgjengelig for parasitten til å tilpasse seg en vertspopulasjon med økende motstand mot parasitten mest trolig er svært lav og at seleksjonspresset på parasitten derfor er lav (Kemper et al., 2013). Det er derfor lite sannsynlig at parasitten vil endre seg som følge av et avlsarbeid for økt motstandskraft mot parasitten.

At risikoen ved avl mot lus skulle være større enn for andre bekjempelsestiltak, eller av en mulig framtidig vaksine, er lite sannsynlig av ulike årsaker. En genetisk endring i en parasittpopulasjon er proporsjonal med det seleksjonspresset som er lagt på parasitten. Dette seleksjonspresset er svært stort ved bruk av legemidler som dreper praktisk talt alle parasittene utenom de som er resistente mot det aktuelle legemiddelet. Avl for økt motstandskraft mot lus er en langt mer dynamisk og bredspektret metode siden svært mange gener er involvert og fordi motstanden mot lus hos verten (a) sjelden er fullstendig, (b) varierer mellom fisk, og (c) relativ liten per laksegenerasjon. Avl mot lus bør derfor være et mindre risikofylt tiltak enn bruk av legemidler, eller en vaksine som mest trolig vil være retta mot en spesifikk mekanisme i spillet mellom vert og parasitt.

Beste praksis

I spesielle forsøk er det dokumentert betydelig redusert lusepåslag (30-40 %) hos avkom etter foreldre selektert for økt motstandskraft mot lus. Men så langt finnes det ingen dokumentasjon på at en slik effekt vil resultere i et redusert antall avlusninger per utsett i forsøk i kommersiell skala. Så langt er nok effekten på langt nær stor nok til at bruk av et fiskemateriale selektert mot lus kan erstattet andre tiltak mot lus. Derfor er avl å se på som en av en helhetlige bekjempelsesstrategi mot lus. For å motivere til utvikling og bruk av et genetisk materiale med større motstandskraft mot lakselus er det behov for god dokumentasjon av hva en kan oppnå i form av redusert antall avlusninger på kommersielle matfisklokalteter. En slik dokumentasjon bør gjennomføres på lokaliteter med et ulikt stort luseproblem.

5.5.3 Vaksiner

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Vaksinasjon er generelt en god strategi for å kontrollere patogener. Utvikling av vaksiner mot parasitter er svært utfordrende og tidkrevende, men man antar at det er mulig å nå målet om en vaksine mot lakselus en gang i fremtiden. I 2012 ble lakselusgenomet fullsekvensert, og genomisk informasjon fra både laksen og lakselusa blir nå brukt til å forsøke å utvikle en effektiv vaksine (<http://www.fish.no/oppdrett/4361-lakselusens-genom-bli-tilgjengelig.html>).

Vaksineutviklingen pågår innen og mellom flere forskningsmiljøer i Norge og den største satsingen per i dag er ledet av Universitetet i Bergen i senter for lakselusforskning, SLRC. Senteret ble etablert i 2011, og utprøving av de første vaksinekandidatene startet i 2014 (SYSLA 08.03.2014). Det utføres kandidatgen-screening for å identifisere og evaluere vaksinekandidater. En viktig del av arbeidet er å prøve å forstå hvordan lusa fungerer, finne ut av lusens biologi for så å bruke dette mot henne. Det benyttes en RNAi-gen «knock-out» teknologi, som studerer effekten av å «skru av» ulike gener. Senteret jobber med å generelt tilegne seg kunnskap om interaksjoner mellom laks og lus, også med kunnskap fra andre salmonider. Forsøk gjøres med laks med ulik genetikk, og de ser på hva som skjer med lusa på for eksempel «resistente» arter (Nilsen, 2017).

De eksokrine kjertlene til blodsugende, parasittiske kopepoder er viktige i forhold til vertens immunrespons, og er nå blitt nærmere karakterisert hos lakselus Disse kan være mulige

vaksinekandidater i fremtidige studier, og blir et viktig fundament for videre funksjonelle studier i vaksineutviklingen (Øvergård et al., 2016).

Pharmaq jobber også med vaksineutvikling mot lakselus (<http://kyst.no/nyheter/fullt-fokus-pa-utvikling-av-lakselus-vaksine>). Pharmaqs arbeid inngår i et forskningsrådsprosjekt som går frem til 2018.

Effektiviteten av behandlingen

Status for arbeidet ved SLRC per februar 2017 er at det utføres en RNAi screening på ca. 100 gener/år (Nilsen, 2017). Kliniske studier er utført med 12 testvaksiner i 2016, og minst 10 er planlagt testet i løpet av 2017. Effekten av disse testvaksinene er foreløpig ikke kjent og det er fortsatt ikke mulig å si når en vaksine kommer på markedet. En forventer at fremtidige vaksiner vil ha minimum 50 % effekt (Nilsen, 2017).

Pharmaq har funnet flere lovende kandidater til en lakselusvaksine og jobber per i dag med 3 effektive kandidater, samtidig som de screener videre for flere antigener. Pharmaq antar at en parasittvaksine trolig ikke vil gi en full beskyttelse mot lus, slik som for eksempel klassiske bakterievaksiner (Karlsen, 2016).

I Chile ble den første vaksinen (Tecnovax) mot lakselus lansert 16. november 2015 (Berge, iLaks 24.11.2015). Denne skal virke gjennom å styrke slimlag og hud som førstelinjeforsvar. Effekten av vaksinen ute i felt er foreløpig ukjent.

Da det ikke er noen lakselusvaksiner på markedet i Norge enda, er det mer holdningen til en slik vaksine hos oppdrettere som er interessant å belyse. Driftssjef Gunnar Silden i Marine Harvest, Rundereimstranda, sier i et intervju med Nofima at han ser stort potensiale i en vaksine mot lus. Alt som kan forebygge og som gjør at man slipper avlusing og håndtering, er kjærkomne metoder for næringen.

Påvirkning på fisken

I forhold til at vi enda er et godt stykke unna en lusevaksine, vil dette avsnittet kun belyse noen uheldige bivirkninger på fisken i forhold til den mest brukte vaksintypen i dag; injeksjonsvaksiner med oljeadjuvant. Denne type vaksiner behøves for å oppnå langvarig beskyttelse, og det er viden kjent at vaksiner av fisk generelt er fordelaktig i forhold til fiskevelferd på tvers av ulike arter oppdrettet fisk (Berg et al., 2006a; Berg et al., 2007; Midtlyng, 1997), men ulempen kan være intraperitoneale sammenvoksinger og redusert vekst (Berg et al., 2006b; Midtlyng & Lillehaug, 1998; Sørnum & Damsgård, 2004). Det kan redusere appetitt (Bjørge et al., 2011; Sørnum & Damsgård, 2004), føre til endring i oppførsel (Bjørge et al., 2011) og føre til deformiteter i ryggmarg (Aunsmo et al., 2008). Bieffektene kan sees som sammenvoksinger mellom ulike organer og mellom organer og bukvegg, i tillegg til melanindeponeringer på indre organer og bukvegg (Midtlyng et al., 1996). Disse bieffektene er knyttet til betennelsesreaksjoner forårsaket av antigener i vaksinen (Mutoloki et al., 2004). Graden av vaksine-induserte sammenvoksinger kan påvirkes av tidspunkt for vaksinasjon, vaksineformulering, vanntemperatur og fiskens tilstand ved vaksinasjon (Aucouturier et al., 2001; Berg et al., 2007; Berg et al., 2006b). Vaksiner av liten fisk ved høye temperaturer synes å øke alvorlighetsgraden av sammenvoksingene (Berg et al., 2007; Berg et al., 2006b).

Andre bivirkninger som potensielt kan oppstå i forbindelse med vaksiner er lesjoner ved injeksjonsstedet om hygien under vaksinasjonen ikke er god nok eller forhøyet dødelighet, også

relatert til ulike forhold og påvirkninger på fisken under selve vaksinasjonen. Bieffektene reduseres ved optimalisering av vaksinasjonsrutiner og betingelsene ved vaksinasjon, i tillegg til at reduksjon i injisert dose også synes å ha en positiv effekt (Drangsholt et al., 2011).

Relevante Operative Velferdsindikatorer (OVI) for å vurdere effekter av intraperitoneal vaksinerings i forhold til fiskevelferd er: i) appetitt, ii) vekstrate, iii) atferdsendring etter vaksinerings, iv) ryggdeformiteter og v) endringer i bukhalen assosiert med peritonitt (som organsammenvoksinger av organer og også bukvegg og melanin deponering).

For å vurdere lesjoner ved ulike grader av organ sammenvoksinger forårsaket av intraperitoneale oljebaserte adjuvanter, er det vanlig å bruke Speilberg skalaen (Midtlyng et al., 1996). Speilberg skalaen er et visuelt vurderingsverktøy hvor graden av organ sammenvoksing og melanindeponering graderes fra 0-6. En score >3 er generelt betraktet som negativt i forhold til fiskevelferd (Aunsmo et al., 2008).

Tabell 11 *Speilberg skalaen for å klassifisere lesjoner forårsaket av intraperitoneal vaksinerings av Atlantisk laks (Midtlyng et al., 1996).*

Score	Synlige kjennetegn i bukhalen	Alvorlighetsgrad av lesjoner
0	Ingen synlige lesjoner	Ingen
1	Lette sammenvoksinger, mest ved injeksjonssted. Vanskelig å legge merke til hvis utrenet.	Ingen eller mindre ugjennomsiktighet av bukhalinnen etter sløyging.
2	Mindre sammenvoksinger som kan koble kolon, milt eller blindsekker til bukveggen. Kan bli oppdaget ved sløyging av også utrenede personer.	Kun ugjennomsiktighet av bukhalinnen etter å manuelt ha skilt sammenvoksingene fra hverandre.
3	Moderate sammenvoksinger som inkluderer flere kraniedeler av bukhalen. Delvis involverer dette blindsekker, leveren eller ventrikkel, og binder disse til bukveggen. Kan bli oppdaget ved sløyging av utrenede personer.	Små synlige lesjoner etter sløyging, som kan fjernes manuelt.
4	Store sammenvoksinger med granulomer, som omfattende kobler sammen indre organer. Disse fremstår da som en enhet, og der også utrenede folk kan se dette ved sløyging.	Moderate lesjoner som kan være vanskelig å fjerne manuelt.
5	Omfattende lesjoner som påvirker nesten alle indre organer i bukhalen. I store områder er bukhalinnen tykkere og ugjennomsiktig, og filéten kan inneholde knuter som er fremtredende og/eller tungt pigmenterte lesjoner eller granulomer.	Levner synlige skader på skroten etter sløyging og fjerning av lesjoner.
6	Enda mer uttalt effekt enn 5, og ofte med betraktelige mengder av melanin. Kan ikke fjerne innvollene uten å ødelegge filét integriteten.	Gjør store skader på skroten.

Økonomi

Generelt vil de relevante kostnadene utgjøres av tilleggsprisen for vaksinen og eventuelle implikasjoner på økonomisk interessante produksjonsparametere. Da det så langt ikke er kommersielt tilgjengelige vaksiner, og siden man har begrenset kunnskap om hvordan disse påvirker fisken er det vanskelig å estimere kostnadsimplikasjoner.

Kritiske momenter i utøvelsen av metoden

I forhold til at det enda ikke finnes noen vaksiner mot lus på markedet, tas det utgangspunkt i dagens praksis for vaksinerings generelt. Kritiske momenter vil være å vaksinere ved rett temperatur og at laksen har rett størrelse ved vaksineringsstidspunkt. Vaksinasjonsrutinene må være optimale og

anbefalingene fra vaksineprodusentene må følges. Laksens velferd skal være i fokus, og følges opp jevnlig.

Beste praksis

Det er ikke mulig å beskrive beste praksis da det ikke finnes noen lusevaksiner tilgjengelig i dag. Beste praksis vil avhenge av vaksinekonseptet som blir utviklet.

5.6 Kombinasjonsmodeller for lakseluskontroll

Beskrivelse av metoden og virkningsmekanismen

Erfaringer med samtidig bruk av ulike kontrollmetoder for medisinfri reduksjon av lakselus. Denne strategien har også vært omtalt tidligere som integrert lusekontroll av blant annet FHF. Bruk av flere ulike kontrollmetoder samtidig er gjort av flere lakseoppdrettere men variasjonen er stor når det gjelder standardisering av metoder og kontroller. Dette vanskeliggjør kvantitative analyser. Det finnes per i dag ikke vitenskapelige artikler fra fagfellevurderte journaler som dokumenterer effekten av samtidig bruk av ulike kontrollmetoder for medisinfri reduksjon av lakselus i industriskala. I populærvitenskapelig sammenheng er det blitt publisert en artikkel hvor en dokumenterer effekten av samtidig bruk av ulike kontrollmetoder for medisinfri reduksjon av lakselus i industriskala (Rasmussen et al., 2016). Flere studier er i dag underveis, slik at anbefalinger som blir gitt må revurderes når nyere dokumentasjon foreligger. Mange av metodene er nye og veien fram mot optimal utnyttelse av disse er ennå lang, slik at effektiviteten kan øke på sikt. For enkelte lakseoppdrettere vil også relativt kjente metoder være nye slik at sammenligninger mellom anlegg kan være vanskelig. Valg av egnete metoder for integrert lusereduksjon vil også variere i forhold til landsdel, tid på året, lokalitets forskjeller og fiskestørrelse blant annet.

Effektiviteten av behandlingen

Under følger eksempelstudier hvor det er brukt flere ulike metoder samtidig for reduksjon av lakselus.

Eksempel 1:

Metoder som ble benyttet var luseskjørt, laser og rognkjeks.

Lusetelling: Alle merdene på lokaliteten, hver uke.

Resultat: Ikke behov for kjemisk behandling i merder hvor det ble benyttet kombinasjonsmetoden.

Eksempel 2:

Metoder som ble benyttet var laser, leppefisk og funksjonelt fôr.

Lusetelling: Alle merdene på lokaliteten hver uke.

Resultat: Leppefisk og laser holdt nivåene av lus lave. Det ble antatt at det muligens var en reduksjon av andel lus som gikk fra fastsittende til kjønnsmodent stadium ved kombinasjon av leppefisk og laser enn ved bruk av kun leppefisk. En kjemisk behandling med ble gjennomført.

Eksempel 3:

Metoder som ble benytte var laser, leppefisk (villfanget og oppdrettet).

Lusetelling: Standard etter Mattilsynets retningslinjer.

Resultat: Lusepresset ble holdt under tillat grense for omtrent halvparten av merdene på lokaliteten mens den andre halvparten måtte behandles med Thermolicer. Senere på året måtte alle unntatt en merd på lokaliteten behandles med Thermolicer.

Det finnes mange flere kombinasjoner som blir brukt i lakseoppdrett. Eksempelstudiene er delvis erfaringsbasert og med varierende dokumentasjon og gir ikke muligheten til å dokumentere effekten av integrert lusekontroll. Eksempelstudiene er dog interessante. Dersom en sammenligner

eksempelstudiene ved å inndelegge innsatsen mot lus etter IPM - kategoriene forebygging, unngåelse, rapportering og undertrykking gir eksempel 1 best uttelling i forhold til å unngå behandlinger som krever håndtering sammenlignet med eksempel 2 og 3 (se tabell 12). Eksempel 1 har også «høyest» innsats i forhold til IPM kategoriene. En rangering av integrert lusekontroll i forhold til IPM kategoriene vil muligens kunne gi et bedre grunnlag for sammenligning av metoder for integrert lusekontroll og kanskje også identifisere effektive metoder. Standardiserte forsøk vil være nødvendige for å dokumentere nytten av klassifisering av integrert lusekontroll etter IPM kategorier.

Tabell 12 Sammenligning av de ovenfor nevnte studiene i forhold til IPM kategoriene (2x laser = 2 lasere pr merd, 1x laser = 1 laser pr merd).

	Forebygge	Unngå	Rapportere	Undertrykke
Eksempel 1		Luseskjørt	Utvidet telling	2x laser + Rognkjeks
Eksempel 2	Funksjonelt fôr		Utvidet telling	1x laser + Leppefisk
Eksempel 3			Standard telling	1x laser + leppefisk

Felles for alle eksemplene er at det er variasjoner i lusepress på enkeltmerder på den samme lokalitet, en mer presis kartlegging av dette fenomenet vil styrke framtidige observasjoner. Det anbefales for framtidig dokumentasjon av de forskjellige lusebekjempelsesmetoder at lusepresset i enkeltmerder dokumenteres over tid før tiltakene iverksettes. I tillegg kan det være at lusetellinger for halve lokaliteten ukentlig ikke er presist nok ved måling og sammenligning av lusebekjempelsesmetoder, slik det trolig er gjort i eksemplens nr. 3. Lusepresset vil også kunne variere med miljøvariabler, særlig salinitet. Oksygenivået vil også påvirke vekst og generell vitalitet hos oppdrettslaks. Det er derfor å anbefale at framtidige studier av lusebekjempelsesmetoder inkluderer miljøvariabler. Eksempelstudiene er gjennomført på forskjellige lokaliteter og metodene er ikke standardisert nok til at det kan gjøres vitenskapelige sammenligninger og/eller trekke sikre konklusjoner.

Påvirkning på fisken

Siden dette avsnittet omhandler samtidig bruk av ulike kontrollmetoder, henvises det til de respektive metodene som er omtalt tidligere i rapporten. Det bør likevel gjøres en systematisk dokumentasjon av fiskens helse og velferd også når metoder kombineres for å se om selve kombinasjonen medfører noen tilleggseffekt, ikke bare effekten av behandlinga. Så langt vi kan se har hovedfokus vært mest på å se om effekten kan økes ved å kombinere dem.

Kritiske momenter ved utøvelse av metoden

Bruk av kombinasjonsmetoder for bekjempelse av lus krever inngående kjennskap til hver metodes styrker og svakheter. Ved bruk av luseskjørt og rensefisk er det viktig å få satt ut både luseskjørt og rensefisk i god tid før oppblomstring av lus. Blir luseskjørt satt ut for tidlig på året kan disse bli skadet av uvær. Det må gjøres regionale og lokale vurderinger av årstider og muligheter for skader på luseskjørt. Rensefisk som ikke er aktive ved lave temperaturer blir begrenset av årstidene. Kombinasjonsmetodene krever også detaljkunnskap om strømforhold for å unngå at luseskjørt presser seg sammen og for å være sikker på at rensefisk får tilgang på fôr. Registrering av miljøparametere er nødvendig for å kunne optimalisere effekter av enkeltmetoder og for å kunne ta presise målinger av effekten lusenivået i merdene. Utvidet innsats i forhold til å telle lus er trolig nødvendig for å kunne måle effekt av de forskjellige bekjempelsesmetodene på lusenivået hos oppdrettslaksen. Stabil strømtilførsel og internett forbindelse er nødvendig for optimal bruk av laser. Bruk av funksjonelt fôr krever tidlig iverksetting av tiltak for å bygge opp nødvendig nivå av funksjonelle komponenter i oppdrettslaks, muligens kan det kreve nedtrapping av funksjonelle komponenter i god tid før slakting.

For mer detaljerte beskrivelse av kritiske momenter ved utøvelse for hver enkelt metode, se egne avsnitt i gjeldende rapport.

Beste praksis for kombinasjonsmetode

Velg kombinasjoner av metoder som best mulig dekker kategoriene; Forebygging, Unnvikelse, Rapportere og Undertrykke. Forslag til metoder til de ulike kategoriene er gitt i kapittel 6.1.

- Metodene bør velges med hensyn til lokale miljøforhold som temperatur og strøm.
- Det bør telles lus i hver merd hver uke for å kunne måle effekt av tiltak.
- Identifisering av merder hvor det «alltid» ser ut til å være lite eller mye lus, samt dokumentasjon av dette, for å kunne ta hensyn til disse ved måling av effekt av tiltak.
- Det bør registreres miljøparametere som oksygen, salinitet og temperatur for å styre bruk av metoder og kunne skille mellom miljøendringer og effekter av tiltak mot lakselus.
- Bruk kontrollgrupper fra samme lokalitet ved vurdering effekter av tiltak.
- Fiskens velferd og helse bør dokumenteres mer omfattende også når metoder kombineres.

5.7 Sammenstilling og sammenligningsstudie

Det er ikke hensiktsmessig å stille de ulike metodene opp mot hverandre da det hele må ses i en større sammenheng. Det fokuserer derfor på beste praksis med hver metode og samspillet mellom metodene. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 6.1.

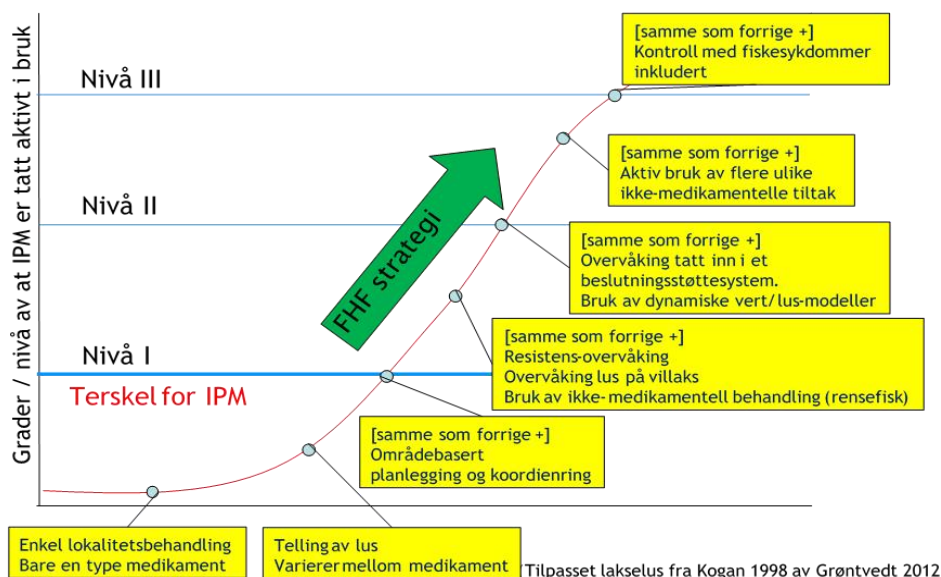
6 Handbok

6.1 Integrated Pest Management (IPM)

Bruk av flere ulike kontrollmetoder for medisinfri reduksjon av lakselus

Samtidig bruk av flere ulike kontrollmetoder for reduksjon av skadedyr har en lang tradisjon i landbruket. Begrepet IPM; Integrated Pest Management, slik vi kjenner det i dag ble introdusert i 1970 (Ehler, 2006). Bakgrunnen for utviklingen av IPM var basert på at noen få landbruksforskere i tiden etter andre verdenskrig forutså problemer med resistens, miljøpåvirkning og økte produksjonskostnader ved bruk av syntetisk organiske insektmidler. Viktige elementer i IPM beskrives blant annet som; bruk av ulike strategier samtidig for å bekjempe skadedyr på en økologisk og økonomisk forsvarlig måte (Prokopy, 2003). Det finnes mange varianter av IPM, Bajwa & Kogan (1996), fant 64 forskjellige definisjoner. Retningslinjer for IPM innebærer også regelmessig overvåkning og rapportering av skadedyr. IPM strategien er ofte benyttet til kontroll av insekter. Insekter og lakselus er fra samme phylum, Arthropoda. Felles for mange Arthropoder er kort generasjonstid og dermed rask utvikling av resistens mot kjemisk behandling. Dette favoriserer en strategi hvor flere metoder benyttes samtidig for å unngå en akselerasjon av resistensutvikling gjennom seleksjon i en bestemt retning (Gjedrem & Baranski, 2009). Resistens hos lakselus mot kjemiske behandlinger er godt dokumentert (Grøntvedt et al., 2014). Oversikts artikler som vurderer effekten av IPM innen landbruk over tid er positive, men det virker også som det er kontinuerlig endring av «trusselbilde» og at en må forvente nye utfordringer (DiTomaso et al., 2017). Reduksjon av lusenivået ved bruk av flere ulike metoder samtidig er også aktuelt da de ulike metodenes fordeler kan kombineres til en større samlet effekt som ivaretar hensyn til fiskevelferd, miljø og økonomi.

IPM har vært en av FHF's overordnede strategier for lusekontroll gjennom programmet Sealice Multination siden 2009/2010. Forslag til utvikling av IPM strategi for lakselus ble av FHF/ Grøntvedt presentert på FHF's lusemøte i 2013 (se figur 8).



Figur 8 Strategi for utvikling av IPM mot lakselus FHF /Grøntvedt 2013.

I dag bruker mange lakseoppdrettere flere metoder samtidig for reduksjon av lakselus, (integrrert lusekontroll) og vil være på nivå II, enkelte lakseoppdrettere er også på nivå III (se figur 1). Selv om IPM strategien er implementert i FHF's hovedstrategi for reduksjon av lakselus er kanskje ikke selve IPM begrepet like godt kjent.

For å utvikle integrert lusekontroll kan en bevisstgjøring av IPM kategoriene, forebygging, unnvikelse, rapportering og undertrykking (Ehler et al. 2000) være nyttig.

Forslag til metoder som kan kombineres under integrert lakselusbekjempelse:

Forebyggende biologiske tiltak

- Avl på laks som har økt resistens mot lakselus
- Fôr som øker resistens mot lus
- Vaksine mot lus

Unnvike

- Luseskjørt
- Snorkelmerd/nedsenkbare merder
- Semi-lukkede anlegg i sjø

Rapportere

- Utvidet telling av lus (Nye forskrifter for lusetelling fra mars 2017 ivaretar dette)
- Automatisering av lusetelling ved bruk av teknologi
- Andre metoder

Undertrykke

- Rensefisk
- Laser
- Avlusning ved børsting, spyling
- Behandling med temperert vann

6.2 Beste praksis av hver metode

I dette kapittelet har vi ført opp beste praksis for hver metode som er omtalt i MEDFRI. Beste praksis her er basert på dagens teknologi, tilgjengelig dokumentasjon, erfaringsgrunnlag og svar fra intervjuer. Vi presiserer at dette ikke er fasit på beste praksis, men et bidrag til videre diskusjoner.

6.2.1 Medikamentfrie metoder for avlusning med håndtering

Termisk

- Desinfeksjon av utstyr mellom lokaliteter. Påvises sykdom i enkeltmerd bør en desinfisere mellom merder på lokalitet.
- Fiskehelsepersonell må foreta en vurdering av fiskehelse og forsvarlighet ved behandling før avlusning.
- Det er vesentlig å sikre avkast i merd som står i forhold til mengden til behandling. Dette for å sikre at fisken får kortest mulig trengetid. Adferd bør overvåkes kontinuerlig for å unngå for hard trenging, og det bør systematisk nedtegnes forhold ved trengingen som har betydning for fiskevelferden inkludert trengetid. Det finnes et skåringssystem for trenging basert på adferd i overflaten, der rolig svømmeadferd og ingen hvite sider er målet, og noen få synlige ryggfinner kan aksepteres (Mejdell et al., 2009).
- Overvåking av pO₂ nivåer i merd. Oksygenering om nødvendig.

- Ved bruk av vakuump- eller impellerpumper, sikre at trykk og hastighet står i forhold til løftehøyde og fiskestørrelse.
- Sikre god vannutskifting i behandlingskammer underveis, og sørge for at vann ikke blir stående fra forrige dag.
- Under drift, overvåking av vannparametere som temperatur og pO₂
- Online målinger av avlusningseffekt for å sikre riktig temperatur mht. årstid.
- Overvåking av fisk etter behandling for iverksettelse av stopp prosedyrer med tanke på fiskevelferd.
- Kameraovervåking i merden fisken pumpes til kan være med på å avdekke unormal adferd og eventuell dødelighet så tidlig som mulig.
- Hver enkelt avlusingsenhet bør ha en angivelse av størrelse på fisken som kan behandles.

Mekanisk

- Desinfeksjon av utstyr mellom lokaliteter. Ved påvisning av sykdom i enkeltmerd bør en desinfisere mellom merder på lokalitet.
- Fiskehelsepersonell må foreta en vurdering av fiskehelse inkludert skinnhelse og gjellehelse før avlusning for å sikre forsvarlig fiskevelferd.
- Det er vesentlig å sikre avkast i merd som står i forhold til mengden til behandling. Dette for å sikre at fisken ikke står trengt for lenge. Adferd bør overvåkes kontinuerlig for å unngå for hard trenging, og det bør systematisk nedtegnes forhold ved trengingen som har betydning for fiskevelferden inkludert trengetid. Det finnes et skåringsystem for trenging basert på adferd i overflaten, der rolig svømmeadferd og ingen hvite sider er målet, og noen få synlige ryggfinner kan aksepteres (Mejdell et.al 2009).
- Overvåking av pO₂ nivåer i merd. Oksygenering om nødvendig.
- Ved bruk av vakuump eller impeller pumper, sikre at trykk og hastighet står i forhold til løftehøyde og fiskestørrelse.
- Under drift, overvåking av avlusningseffekt og parametere som skjelltap, gjelleblødninger og eventuelle sår. Eventuell sårutvikling bør også overvåkes i etterkant av behandlingen, særlig ved synkende vanntemperaturer. Det bør utarbeides retningslinjer i forhold til vanntemperaturer og bruk av mekanisk avlusning med tanke på risiko for sårutvikling.
- Det må sikres at utstørsproduktens og eventuelt egne oppdaterte retningslinjer for fiskens fart i m/s overholdes. FLS har gitt en anbefaling på mellom 2-3 m/s. Det må også sikres at det finnes retningslinjer for spyletrykk utfra fiskestørrelse. Det er viktig med jevn fiskestørrelse for riktig innstilling av spylere med tanke på avlusningseffekt, og det bør derfor utarbeides hensiktsmessige rutiner i forhold til sortering av fisk før behandling.
- Det må sikres at fisk ikke blir stående og stange i rørsystemer ved lavintensiv kjøring, pauser eller etter endt operasjon. FLS-avlusersystem har montert kamera hvor man kan kontrollere adferd og fart på noen punkter.
- Overvåking av fisk etter behandling for iverksettelse av stopp prosedyrer.
- Kameraovervåking i merden som fisken pumpes til kan være med på å avdekke unormal adferd og eventuell dødelighet så tidlig som mulig.
- Hver enkelt avlusingsenhet bør ha en angivelse av størrelse på fisken som kan behandles. For FLS-avlusersystem slik det er montert på «Enabler One» pr. 2016 bør størrelsen på fisken være mellom ca. 1,5 og 3,5 kg for å ha noe sikkerhetsmargin. Fisken bør være godt sortert og ha jevn størrelse.
- Det bør sikres tilstrekkelig luseoppsamling for å hindre re-smitte.

Ferskvann i brønnbåt

- Fiskehelsepersonell må foreta en vurdering av fiskehelse før behandling for å sikre forsvarlig fiskevelferd.

- De fleste brønnbåter benytter over-/undertrykkslossing som ansees som en stor fordel mht. skånsomhet og nødvendighet av grad av trenging. Det finnes et skåringssystem for trenging basert på adferd i overflaten, der rolig svømmeadferd og ingen hvite sider er målet, og noen få synlige ryggfinner kan aksepteres (Mejdell et.al 2009).
- Bør brukes dersom det er hensiktsmessig med kombinasjon med AGD behandling.
- Kontinuerlig overvåking av vannkvalitet og adferd.
- Ettersom det rapporteres om overlevelse av pre-adulte og adulte lus etter flere dagers eksponering av ferskvann, bør brønnbåten ha tilstrekkelig filtrering under resirkulering.
- Skifte av vann og desinfeksjon av brønnbåt før behandling mellom lokaliteter. Utslipp av brukt ferskvann på egnet sted i forhold til smitte.
- Desinfeksjon mellom merder når påvist sykdom i enkeltmerder.
- Overvåking av sårutvikling etter behandling bør utføres, særlig med tanke på å dokumentere fiskevelferd ved lange behandlingstider ved lave vanntemperaturer.

Ferskvannslukk i merd med skjørt

Selv om denne metoden ikke involverer langvarig bruk av luseskjørt, gjelder likevel mange av forholdene som er beskrevet under seksjon *Beste praksis ved bruk av luseskjørt*. Videre bør:

- Oksygenmetning i ferskvannslukket overvåkes.
 - Ved for lave oksygenmetninger bør oksygen tilsettes i tilførselsvannet.
- CO₂-konsentrasjonen i ferskvannslukket overvåkes.
 - Ved for høye CO₂-konsentrasjonen bør gassen stripes eller mengde tilførselsvann økes.
- Saliniteten overvåkes da noe utvasking av ferskvannet kan forventes.
- Fiskens adferd og plassering i merden overvåkes under behandling i henhold til RSPCA (2015).
- Representativt antall fisk bør undersøkes for skader før og etter behandling.
- Dødelighet og appetitt bør følges opp etter behandling helt til appetitten kommer tilbake.

6.2.2 Medikamentfrie metoder for avlusing uten håndtering

Rensefisk

Se også Bransjeveilederne som gir gode råd om beste praksis.

Denne beskrivelsen av beste praksis med bruk av rensefisk omhandler oppdrettet berggylt og rognkjeks. Begrunnelsen for dette er at vi er av den formening at oppdrettet rensefisk bør brukes (se «opphav» nedenfor). Imidlertid er det mange som bruker villfanget leppefisk (eksempelvis berggylt, bergnebb, grønnngylt, grasgylt og rødnebb). For beste praksis med bruk av vill rensefisk, henvises det til Bransjeveilederne (<http://lusedata.no/for-naeringen/veiledere-leppefisk/>).

Personell

- For å sikre effektivitet av metode og velferd til fisken er det viktig at det settes av folk på anleggene som får tid til å jobbe med rensefisk, og som har kunnskap og dedikasjon til oppgaven.
- Det er viktig at personell kjenner fisken sin historikk for å avdekke tidligere sykdomshistorie og dermed sikre effektivitet, overlevelse og helse/velferd.

Opphav

Det bør i størst mulig grad brukes 100 % oppdrettet rensefisk, det vil si også oppdrettet stamfisk. Årsaken til denne anbefalingen er:

- På sikt vil avl og seleksjon bli et viktig forebyggende verktøy for å øke effektivitet og hindre kritiske faktorer.
- Oppdrettet rensefisk kan vaksineres.
- Mer effektiv oppdrett av rensefisk vil på sikt redusere behovet for det store antall rensefisk som brukes i dag.
- Bruk av vill rensefisk dekker ikke dagens behov for antall.
- Bruk av vill rensefisk er ikke miljømessig bærekraftig.

De positive effektene av å bruke oppdrettet rensefisk må balanseres mot negative effekter av rømt oppdrettet rensefisk (se paragraf «Eventuell miljøpåvirkning» av rensefisk).

Håndtering

- Minimal håndtering av all rensefisk.
 - Berggyllt tåler lite håndtering og endringer i miljø.
 - I tilfeller der annen avlusning som inkluderer håndtering eller kjemikalier blir brukt bør rensefisken fiskes opp eller isoleres i egne merder borte fra avlusning.
- Utsett – ikke på dager med dårlig vær, eller ved store temperaturforskjeller mellom overflate og notbunn (Sp. berggyllt).
 - Berggyllt: sent på våren/forsommeren; fungerer da som lusespiser i den varmeste perioden.
 - Rognkjeks: senhøsten; fungerer som lusespiser gjennom den kaldeste perioden.
- Sedasjon
 - Berggyllt – Sedasjon ved transport er brukt og anbefalt. Eksempel med Aqui-S (2,5 - 3 mg/l eller MS222 (maks 150 mg/l).
 - Rognkjeks - Sedasjon ved transport er ikke anbefalt da dette gjør at fisken ikke suger seg fast. Økt fare for skade og stress.
- Sortering av fisk med tanke på økt kvalitet før utsett anbefales.

Innblandingsprosent

Berggyllt

- Mange legger seg på 4 – 5 % for små berggyllt og 3-5 % for store berggyllt.
- Ved innblanding av stor berggyllt kan man vurdere å gå ned i prosent ettersom stor berggyllt er veldig effektiv.

Rognkjeks

- 2- 15 %. Avhenger av temperatur, daglengde, historiske lusedata, rognkjeksstørrelse, tilgang på andre førkilder.

Sesongvariasjon

- De fleste setter inn rensefisk etter lusepress; dvs. flest rensefisk i nøtene utover høsten, spesielt fra 1. oktober.
- Anbefales å holde rensefisken i merd hele året. Bransjeveilederne gir gode råd om hvordan både rognkjeks og berggyllt kan holdes og trives hele året med riktig føring og skjul.

Skjul

- Vasking av skjul – både hos rognkjeks og berggyllt må skjulene være rene, se Bransjeveiledere for type skjul og rengjøring.
- Sett ut skjulene før rensefisken ankommer.
 - a. Berggyllt: benytt mindre mottaksmerd med fluktåpninger hvor fisken kan søke ut i merden etter hvert som den roer seg.
 - b. Rognkjeks: plasser skjul nær notveggen ved utsett, gjerne en ring av skjul som er samlet i bunnen.
- Rognkjeks må ha mange og glatte skjul da fisken er avhengig av sitteplass.

- Berggylt bruker skjul for å finne hvile og skjul.
- Viktig med nok plass mellom skjulene slik at laksen kan svømme mellom skjulene og bruke dem som rensestasjon.

Fôring og vekst

- All rensefisk skal fôres med artsriktig fôr.
- Fôres hele året. Mengde utfôret avhenger av temperatur.
- Fôrautomater må plasseres ut og kontrolleres før rensefisken settes ut.
- Fôres før laksen slik at den er klar for renseoppgaven når laksen er ferdigspist.

Effektivitet

I tillegg til alle punkt nevnt ovenfor kan vi nevne spesielt:

- Generelt øker effektiviteten når skjul og nøter er rene.
- God effekt er avhengig av at fisken trives; har god helse og velferd.
- Ved optimal bruk kan effektiviteten beholdes og velferden forbedres selv ved å begrense antall rensefisk.

Berggylt

- Effektiv lusespiser, uten klare størrelsesforskjeller.
- Mest aktiv tidlig morgen og sen ettermiddag. Nattaktiv i de øverste vannmassene.

Rognkjeks

- Effekten som rensefisk er betydelig avtagende fra ca. 350 g.
- Dagaktiv, spesielt morgen/formiddag.

Tiltak for å redusere smitterisiko

- Det viktigste tiltaket for å redusere risiko for sykdom og smittespredning er å gå over til å bruke kun oppdrettet, vaksinert rensefisk.
- Det bør iverksettes tiltak for mer effektivt å hindre rømming.
- Det anbefales ikke gjenbruk av rensefisk på annen lokalitet.
- Utstedelse av helseattestasjonen med screening ved bruk av PCR-metoder er sensitive og bør benyttes i større grad for å redusere smitterisiko.
- Karantene i kombinasjon med screening vil øke sjansen for påvisning av kjente patogener.
- Det er behov for en utredning omkring hva som blir konsekvensene for laksefisk ved påvisning av patogener hos rensefisk som regnes som eksotiske.
- Ved sykdomsutbrudd er sporbarhet svært viktig for å kunne begrense og hindre smittespredning.

Laser

Metode er under stadig utvikling og det finnes ikke nok erfaringsdata som tillater forfatterne å foreslå en beste praksis.

6.2.3 Forebyggende teknologiske tiltak

Luseskjørt

- Luseskjørt må alltid monteres og vedlikeholdes i henhold til prosedyrer beskrevet av skjørtleverandør.
 - Feilaktig oppheng av skjørtet kan medføre fysiske skader på skjørtet og i verste fall øke risikoen for skade på not og andre deler av anlegget.
- Det anbefales å montere skjørt før det settes ut fisk i merden.
- Det må påses at alle deler av anlegget (flytekrage, nøter, fortøyning etc.) er dimensjonert og sertifisert for den ekstra påkjenningen bruk av luseskjørt medfører.

- Vannstrømmens drag på skjørtet vil avhenge av dybden på skjørtet. Skjørtedybden må derfor tilpasses de lokale forholdene slik at overbelastning på anlegget unngås.
- Skjørtedybde er ofte et kompromiss mellom ønsket skjermingseffekt, oksygentilgang og fysisk belastning.
 - Skjørtedybde må tilpasses de lokale forholdene på lokaliteten.
- Oksygenmetning innenfor skjørtet må overvåkes.
 - Ved for lave oksygenmetninger i tette skjørt kan følgende tiltak iverksettes: Fjerning eller oppheising av skjørt, tilsetning av oksygen.
 - Skjørt av planktonduk må rengjøres regelmessig for å opprettholde vannpermeabiliteten.
 - Tilførsel av vann med lavere temperatur fra større dyp har vært forsøkt, men det har ikke vært vellykket da slikt vann i liten grad blander seg med overflatevannet, men på grunn av høyere tetthet heller synker ned igjen.
- Fiskens adferd og plassering i merden bør overvåkes.
 - Fisk i merder med skjørt vil gjerne slippe seg litt dypere i vannsøylen. Det vil øke fisketettheten i den delen av merden som fisken står i. Faren for uakseptable tettheter er særlig store i spissposer der tilgjengelig volum raskt avtar når fisken senkes seg lenger ned i merden.
 - Vær oppmerksom på sviktende appetitt i merder med skjørt.

Snorkelmerd

- De samme momentene som nevnt for luseskjørt gjelder også for snorkelmerd.
- I tillegg anbefales det å tilsette luft eller oksygen for å motvirke lav oksygenmetning i snorkelen. Ved tilsetning av luft må man være oppmerksom på at det kan skape gassovermetning i vannet - jo mer jo dypere luften tilføres.
- Fôring kan skje i snorkelen.

Neddykket merd

- De samme momentene som nevnt for luseskjørt og snorkelmerd gjelder også for neddykket merd, men utviklingen av denne metoden er kommet kortere enn for de andre to metodene.
- Det arbeides med å finne en god løsning på problemet med løfting av nettak når merden er i overflatestilling.
- Fôring fra overflaten er en dårlig løsning for neddykkede merder.
 - Vanntransportert fôr som utfôres under nettaket i merden kan bli en løsning.
- Før metoden tas i bruk i stor skala må prosedyrene for heving til overflaten optimaliseres.
 - Aktuelle spørsmål er: Hvor ofte må eller bør heving foretas? Avhenger det av fiskens størrelse, temperatur eller andre faktorer? Er det forhold med selve hevingen eller senkningen som må hensynstas, for eksempel heve- eller senkehastighet?
- Kanskje bør svømmeblærens fyllingsgrad til fisken overvåkes, for eksempel ved hjelp av ekkolodd.

Ultral lyd

Siden metoden ennå ikke er tilstrekkelig dokumentert er det vanskelig å komme med anbefalinger om best praksis.

Semi-lukkede anlegg i sjø

- Beskrive og forstå hydrodynamikken i anleggene for å sikre god fordeling og jevn konsentrasjon av oksygen i hele vannsøylen.
- Tilpasse vannhastigheten til den optimale svømmehastigheten til fisk.
- Sikre god transport av partikler ut av anlegget.
- Overvåke vannkvalitet inkludert konsentrasjon av O₂, CO₂, TAN, turbiditet og TSS.
- Bygge sprutskjermer og sikre god kvaliteten på inntaksvannet med fokus på lus, maneter og eventuelt patogener.
- Forebygge klogging av de grove filtrene på inntaksvannet.
- Enkle daglige driftsrutiner.

Strømgjerde mot lus

Siden dette er en metode under utvikling er det på nåværende tidspunkt noe vanskelig å beskrive beste praksis. Generelt kan det være fornuftig å ha fokus på fiskens adferd og plassering i merden, videreutvikling av tiltak ved eventuell strømbuud, registrere hvordan gjerdet oppfører seg i ulike værforhold, samt se på nødvendig innblandingsprosent av renseskjerm ved bruk av denne metoden, også ved ulike temperaturer/årstider.

6.2.4 Forebyggende biologiske tiltak

Fôr

Så lenge dokumentasjonen på de produktene som finnes tilgjengelig er leverandørens, kan det bare henvises til leverandørens anbefaling for bruk. Med de virkningsgradene som i dag oppgis (20-30 % reduksjon av påslag) er det nesten umulig i praksis å gjøre en fullgod validering av produktenes virkning i felt. Stort sett vil oppdretterens bruk av «metoden» funksjonelle fôr være til forveksling lik vanlig fôring.

Det er også viktig å påpeke det som en av fôrproducentene som ble intervjuet sa: «Funksjonelle fôr er ikke produkter som står alene i kampen mot lusen, men de styrker laksen før behandling og øker laksens beskyttelse mot lakselus. For å hente ut de funksjonelle fôrens fulle potensiale bør de inngå som en del av en helhetlig bekjempelsesstrategi mot lus.»

Avl

I spesielle forsøk er det dokumentert betydelig redusert lusepåslag (30-40 %) hos avkom etter foreldre selektert for økt motstandskraft mot lus. Men så langt finnes det ingen dokumentasjon på at en slik effekt vil resultere i et redusert antall avlusninger per utsett i forsøk i kommersiell skala. Så langt er nok effekten på langt nær stor nok til at bruk av et fiskemateriale selektert mot lus kan erstattet andre tiltak mot lus. Derfor er avl å se på som en av en helhetlige bekjempelsesstrategi mot lus. For å motivere til utvikling og bruk av et genetisk materiale med større motstandskraft mot lakselus er det behov for god dokumentasjon av hva en kan oppnå i form av redusert antall avlusninger på kommersielle matfisklokalteter. En slik dokumentasjon bør gjennomføres på lokaliteter med et ulikt stort luseproblem.

Vaksiner

Det er ikke mulig å beskrive beste praksis da det ikke finnes noen lusevaksiner tilgjengelig i dag. Beste praksis vil avhenge av vaksinekonseptet som blir utviklet.

6.2.5 Kombinasjonsmodeller for lusekontroll

Velg kombinasjoner av metoder som best mulig dekker kategoriene; Forebygging, Unnvikelse, Rapportere og Undertrykke. Forslag til metoder til de ulike kategoriene er gitt i kapittel 6.1.

- Metodene bør velges med hensyn til lokale miljøforhold som temperatur og strøm.
- Det bør telles lus i hver merd hver uke for å kunne måle effekt av tiltak.
- Identifisering av merder hvor det «alltid» ser ut til å være lite eller mye lus, samt dokumentasjon av dette, for å kunne ta hensyn til disse ved måling av effekt av tiltak.
- Det bør registreres miljøparametere som oksygen, salinitet og temperatur for å styre bruk av metoder og kunne skille mellom miljøendringer og effekter av tiltak mot lakselus.
- Bruk kontrollgrupper fra samme lokalitet ved vurdering effekter av tiltak.
- Fiskens velferd og helse bør dokumenteres mer omfattende også når metoder kombineres.

6.3 SWOT

Vurderingen av metodene ble utført ved hjelp av en noe modifisert SWOT analyse (strength, weakness, opportunities, threats) som er et verktøy for kategorisering av styrker, svakheter, muligheter og trusler. Styrke sier noe om hva metoden er god på, svakheter som sier noe om hva metoden mangler eller utfører dårlig, muligheter sier noe om hva metoden bør ivareta, og trusler sier noe om hvilke hindringer man kan støte på hvis man søker å realisere foreliggende mulighet.

6.3.1 Medikamentfrie metoder for avlusing med håndtering

Temperert vann

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Lett tilgjengelig• Stor avlusings kapasitet• Enkel teknologi• Miljøvennlig• Kan brukes på rensefisk• Rask behandling• God effekt på bevegelig lus	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Krever sulting• Fisken må trenes og pumpes• Fisk reagerer negativt på varmt vann• Fungerer kun på bevegelig lus• Effekt kan variere med sesong• Gir akutt dødelighet
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Kan kombineres med annen teknologi• Kan optimaliseres mht til sesong• Mekanisk belastning kan reduseres• Kapasitet kan enkelt økes	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Kan bidra til sykdomsspredning Langtidseffekter ikke kjent <ul style="list-style-type: none">• Kan medføre massedød på syk fisk

Mekanisk behandling

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Lett tilgjengelig• Stor avlusings kapasitet• Kort behandlingstid• Miljøvennlig• God effekt på bevegelig lus	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Krever sulting• Fisken må trenges og pumpes• Mekaniske risikomomenter• Kan skade ytre celle lag og gi grunnlag for sekundære infeksjoner• Tap av skjell som kan gi sekundærinfeksjoner og sårutvikling ved lave sjøtemperaturer• Gjelleblødninger• Gir akutt dødelighet
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Kan optimaliseres mht. til effekt• Kan også brukes på renseskjell?• Mulig effekt på fastsittende lus?	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Kan bidra til sykdomsspredning• Langtidseffekter ikke kjent• Kan medføre massedød på syk fisk

Ferskvannsbehandling i brønnbåt

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Behandler også AGD• Skånsomt (Trykklossing)• Miljøvennlig• Fisken kan samtidig forflyttes	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Fisken må sultes• Fisken må trenges• Kostbart• Tidkrevende• Må ha tilgang på ferskvann
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Kan optimaliseres mht til tid/temperatur for å oppnå ønsket effekt• Bedre kontroll på resirkulering	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Kan bidra til sykdomsspredning• Dårlig vannkvalitet under behandling kan medføre død• Tømming av ubehandlet/filtrert vann kan re-introdusere lus

Ferskvannsløkk i merd med skjørt

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Forholdsvis lav pris• Enkel teknologi• Liten fysisk eller kjemisk behandling av fisken• Ingen miljøpåvirkning (unntatt håndtering av kasserte skjørt)• Ingen rapporterte skader på fisk og miljø, eller økt dødelighet• Forstyrrer fisken minimalt• Ingen sulting• Lav sannsynlighet for resistans• Kan kombineres med andre preventive metoder	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Usikker effektivitet• Ferskvannsbehandling uten direkte håndtering kan kreve lang behandlingstid for å oppnå god effekt• Fare for lav oksygenmetning• Mulig fare for høye CO₂-verdier• Utvasking av ferskvann• Trenging av fisk
--	--

<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nye og sterkere materialer • Løsning på oksygenproblem gjennom tilførsel av oksygen eller vann innenfor skjørtet • Løsning på potensielt CO₂-problem ved tilsats av nytt vann eller stripping 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rømming på grunn av fysisk belastning på merder
---	---

6.3.2 Medikamentfrie metoder for avlusing uten håndtering

Rensefisk

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Effektiv mot lus når gjort riktig • Naturlig samarbeid mellom vert og klient • Miljømessig bærekraftig • Lav sannsynlighet mot resistens • Mindre bruk av kjemisk og fysisk avlusing • Ingen sulting (av laks) • Kan kombineres med andre preventive metoder og metoder uten håndtering 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kostbar • Tilgjengelighet av rensefisk • Sårbar for sykdom og velferdsutfordringer • Kunnskapsmangel om bruk • Ikke egnet for alle forhold
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avl og seleksjon – bedre effektiviteten • Optimal drift med mer kunnskap og erfaring • Gjenbruk av rensefisk • Salg som matfisk/rogn 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sykdoms- og velferdsutfordringer kan terminere bruk av rensefisk • Feilslått oppdrett av berggyllt og rognkjeks

Laser

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan muligens fjerner lus effektivt ved riktig bruk • Ser ut som at færre lus blir kjønnsmoden • Kan brukes ved lave sjøtemperaturer • Ingen fysisk eller kjemisk behandling av fisken • Ingen rapporterte skader på fisk og miljø, eller økt dødelighet • Forstyrrer fisken minimalt • Ingen sulting • Lav sannsynlighet for resistens • Kan kombineres med andre metoder • Krever ikke mye vedlikehold/rengjøring 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Effektiviteten kan variere • Bør dokumenteres bedre • Bør kombineres med andre metoder • Bør ha flere enheter samt rensefisk i merden ved høye lusenivå/lusepåslag • Mest effektiv på fisk over ca. 1 kg • Skremmer liten fisk • Krever stabil og god strømtilgang
---	--

<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Høyere presisjon • Høyere effektivitet • Kan brukes på små fisk 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rømming på grunn av fysisk belastning på merder ved slitasje • Slutter å virke ved strømbrydd
--	--

6.3.3 Forebyggende teknologiske tiltak

Luseskjørt

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lav pris • Enkel teknologi • Ingen fysisk eller kjemisk behandling av fisken • Ingen sulting • Ingen miljøpåvirkning (unntatt håndtering av kasserte skjørt) • Lav sannsynlighet for resistans • Kan kombineres med andre preventive metoder og metoder uten håndtering 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Variabel effektivitet • Negativ påvirkning på laksen grunnet lav oksygenmetning • Kort levetid
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nye og sterkere materialer • Løsning på oksygenproblem gjennom tilførsel av oksygen eller vann innenfor skjørtet 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rømming på grunn av fysisk belastning på merder

Snorkelmerd

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedre effekt enn luseskjørt på grunn av muligheten for å senke merden dypere enn dybden på luseskjørt • Mindre fysisk belastning på snorkel enn på luseskjørt på grunn av mindre diameter • Liten fysisk belastning på selve merdposen på grunn av bølgebevegelse • Relativt lav kostnad • Ingen fysisk eller kjemisk behandling av fisken • Ingen sulting • Ingen miljøpåvirkning under drift • Lav sannsynlighet for resistans 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mer komplisert teknologi enn luseskjørt • Lav oksygenmetning i snorkel • Laks har aversjon mot å svømme opp i snorkel med for liten diameter • Vanskeligere å kontrollere fisken • Lite utprøvd teknologi
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bekjempelse av AGD ved å fylle snorkelen med ferskvann • Oksygen, luft eller vanntilførsel til snorkel for å løse problemet med lav oksygenmetning. 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rømningsfare ved skade på snorkel

<ul style="list-style-type: none"> • Beskyttelse mot giftige alger i overflaten • Kombinasjon med andre preventive metoder 	
--	--

Nedsenkbar merd

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedre effekt enn luseskjørt på grunn av at fisken kan senkes dypere enn dybde på luseskjørt • Mindre problem med oksygenmetning • Liten fysisk belastning på selve merdposen i neddykket tilstand på grunn av bølgebevegelse • Ingen fysisk eller kjemisk behandling • Ingen sulting • Ingen miljøpåvirkning under drift • Lav sannsynlighet for resistans 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mer komplisert teknologi enn luseskjørt • Merden må heves regelmessig til overflaten • Vanskeligere å kontrollere fisken • Fôret må tilføres under vann • Dyrere enn luseskjørt og snorkelmerd • Lite utprøvd teknologi
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beskyttelse mot giftige alger i overflaten • Kunstig luftlomme for fylling av svømmeblære • Kombinasjon med andre preventive metoder 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Redusert fiskevelferd på grunn av dårligere svømmeblærefylling • Uavklart rømningsfare

Ultralud

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lave investeringer • Svært billig drift • Ingen fysisk eller kjemisk behandling av fisken • Forstyrrer fisken minimalt • Ingen sulting 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ikke dokumentert effekt på lusepåslag • Langtidseffekter på fisk ikke avklart
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan kanskje hindre utvikling av levedyktige nauplier • Redusert begroing på nøter • Kombinasjon med andre preventive metoder 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hindre ASC-sertifisering på grunn av skremseffekt på sjøpattedyr

Semi-lukkede anlegg i sjø

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Effektiv mot lus• Lav reproduksjonssuksess (lus)• Sparte kostnader i forhold til redusert antall andre lusebehandlinger• Mindre bruk av fysisk og kjemisk avlusing• Ingen fysisk eller kjemisk behandling av fisken• Ingen miljøpåvirkning (unntatt håndtering av kasserte anlegg)• Beskyttelse mot giftige alger i overflaten• Ingen rapporterte skader på fisk og miljø, eller økt dødelighet• Forstyrrer fisken minimalt• Ingen sulting• Lav sannsynlighet for resistens• Kan kombineres med andre metoder• Begrense smitte dersom behandling av inntaksvann	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Høye investerings – og driftskostnader• Kunnskapsmangel• Risiko for havari• Konsekvens ved havari
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Redusert risiko for og kontroll på sykdom med mer kunnskap og erfaring• Utvikling av billigere investerings –og driftsløsninger	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Sykdom og smitte uten inntaksvannbehandling• Redusere/utfordre fortrinnene Norge har som oppdrettsnasjon

Strømgjerde

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Antageligvis lav pris• Enkel teknologi• Ingen fysisk eller kjemisk behandling av fisken• Ingen rapporterte skader på fisk og miljø, eller økt dødelighet• Forstyrrer fisken minimalt• Ingen sulting• Ingen miljøpåvirkning (unntatt håndtering av kasserte gjerder)• Lav sannsynlighet for resistans• Kan kombineres med andre preventive metoder	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Behov for dokumentert effekt i kommersiell skala• Kunnskapsmangel• Krever stabil og god strømtilgang
--	---

<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan kanskje hindre utvikling av levedyktige nauplier • Kombinasjon med flere preventive metoder 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uavklart rømningsfare på grunn av fysisk belastning på merder • Slutter å virke ved strømbrydd
---	---

6.3.4 Forebyggende biologiske tiltak

Avl

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forebygging istedenfor behandling og derfor ingen håndtering av produksjonsfisken. • Kumulativ effekten, noe som gjør at luseproblemet blir mindre og mindre for hver generasjon. • Alt arbeid sentralt hos de få avlsselskapene. • Ingen negative effekter på miljøet. 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Langsiktig • Redusert genetisk framgang for andre egenskaper.
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • På lang sikt en permanent løsning av luseproblemet 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • En effektiv og svært rimelig vidunderkur/teknologi mot lus. Da vil den oppnådde genetiske framgangen for lus og den tapte genetiske framgangen for andre egenskaper være en stor kostnad for næringen.

Fôr

<p>Styrker</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forebygging istedenfor behandling • Ingen håndtering eller andre stressorer • Ingen negative miljøeffekter 	<p>Svakheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lav effekt • Vanskelig å se effekten og å validere effekter fra småskala forsøk i fullskala oppdrett
<p>Muligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samtidige effekter mot andre infeksjoner • Utvikling av nye og mer effektive fôrløsninger • Redusert antall avlusninger med metoder som kan være skadelig for fisken og/eller miljøet • Styrket effekt av, eller bedret restituering etter, andre metoder (f.eks. ved styrket slimlag eller immunforsvar) 	<p>Trusler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adaptasjon eller resistensutvikling

Vaksiner

Det er ingen lusevaksiner tilgjengelig i dag. Analysen baserer seg på det mest brukte vaksine-konseptet til fisk i Norge, injeksjonsvaksiner med oljeadjuvant.

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Forebygging i stedet for behandling• Forventet langvarig og god beskyttelse• Ingen negative miljøeffekter• Færre avlusninger med metoder som potensielt skader fisken og/eller miljøet	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Håndtering nødvendig• Potensiale for bieffekter (sammenvoksinger, melanindeponering, redusert appetitt/vekst)•
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Bedre lusekontroll• Bedre fiskehelse og velferd• Kostnadsbesparende (tid og penger)	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Resistensutvikling• Dårligere effekt enn forventet – unngår ikke annen behandling

6.3.5 Kombinasjonsmetoder

Styrker <ul style="list-style-type: none">• Bærekraftig løsning• Det er oppnådd gode resultater	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Komplisert• Tidlig fase for mange av metodene
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Metodene spres utover mange fagområder og videre utvikling av metodene vil naturlig nyte godt av tverrfaglig forsknings og utviklings kompetanse	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Oppdagelse av en ny «Golden bullet»

7 Leveranser

7.1 Detaljert oversikt over leveransene i prosjektet:

01/02.12.2016 Oppstartmøte med styringsgruppen

26-27.1.2017 Seminar med University of Stirling, Skottland

31.12.2016 Statusrapport

31.01.2017 Foreløpige resultater fra AP 1 til 5 foreligger (ikke for publisering)

21.03.2017 Internt arbeidsmøte (workshop) ved prosjektavslutning, med alle resultater klare

24.03.2017 Styringsgruppemøte med gjennomgang av alle resultater, faktaark og sluttrapportutkast

31.03.2017 Faglig sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer

31.03.2017 Løpende publisering av nyheter på ulike nettsider

31.03.2017 Faktaark for de ulike metodene, med oppnådde resultater og anbefalinger

31.03.2017 Presentasjon for fri bruk i næringen lagt ut hos Nofima og FHF

01.04.2017 Administrativ sluttrapport i tråd med FHF's retningslinjer

8 Referanser

- Abolfia, J. , Asche, F., Wilen, J., & Guttormsen, A. . (2014). *Putting a price on lice: Quantifying the biological and economic impacts of sea lice on farmed salmonids*. Unpublished manuscript.
- Aucouturier, J. , Dupuis, L., & Ganne, V. (2001). Adjuvants designed for veterinary and human vaccines. *Vaccine*, 19 2666–2672.
- Aunsmo, A. , Guttvik, A., Midtlyng, P. J., Larssen, R.B. , Evensen, Ø., & Skjerve, E. (2008). Association of spinal deformity and vaccine-induced abdominal lesions in harvest-sized Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 7(31), 515-524.
- Bajwa, W. I., & Kogan, M. (1996). Compendium of IPM definitions. Retrieved from <http://www.ippc.orst.edu/ipmdefinitions/>.
- Barentswatch.no. Retrieved from www.barentswatch.no
- Berg, A., Bergh, Ø. , Fjellidal, P.G., Hansen, T., Juell, J. E., & Nerland, A. (2006a). Animal welfare and fish vaccination—effects and side-effects. *Fisken og havet*, 9.
- Berg, A., Rødseth, O.M. , & Hansen, T. (2007). Fish size at vaccination influence the development of side effects in Atlantic salmon (*Salmo Salar* L.). *Aquaculture*, 265 9-15.
- Berg, A., Rødseth, O.M., Tangerås, A., & Hansen, T. (2006b). Time of vaccination influences development of adhesions, growth and spinal deformities in Atlantic salmon *Salmo salar* . *Diseases of Aquatic Organisms*, 69 239–248.
- Berge, A. . (iLaks 24.11.2015). Nå kommer vaksine mot lakselus. Retrieved from <http://ilaks.no/na-kommer-vaksine-mot-lakselus/>
- Biering, E. (2015). *Sluttrapport for FHF-prosjektet Rensefisk Tapsårsaker og forbyggende tiltak* (900818)
- Bjørge, M.H., Nordgreen, J., Janczak, A.M., Poppe, T., Ranheim, B., & Horsberg, T.E. . (2011). Behavioural changes following intraperitoneal vaccination in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Applied Animal Behaviour Science*, 133(1), 127-135.
- Bogevik, A.S. , Krasnov, A. , & Hatlen, B. (2016). *Fôr med Biofeed Forte til ørret for redusert lusepåslag*
- Bornø, G., Alarcón, M., Linaker, M.L., Colquhoun, D., Nilsen, H. , Gu, J., Gjerset, B. , Hansen, H. , Thoen, E. , Gulla, S. , & Jensen, B.B. (2016). *Akutt dødelighet hos rognkjeks (Cyclopterus lumpus) i 2015*
- Bransjeveiledere. Retrieved from <http://lusedata.no/for-naeringen/veiledere-leppefisk/>
- Breivik, J.A. (2017). *Laser mot lus – leverandørstatus og brukererfaringer*. Rensefiskkonferansen og medikamentfri lakseluskotroll (FHF).
- Bshary, R., Oliveira, R.F., Oliveira, T.S.F., & Canário, A.V.M. (2007). Do cleaning organisms reduce the stress response of client reef fish? . *Front Zool.*, 4, 21.
- Clingerman, Jason, Bebak, Julie, Mazik, Patricia M., & Summerfelt, Steven T. (2007). Use of avoidance response by rainbow trout to carbon dioxide for fish self-transfer between tanks. *Aquacultural Engineering*, 37(3), 234-251. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2007.07.001>
- Covello, J.M., Friend, S.E., Purcell, S.L., Burka, J.F., Markham, R.J.F., Donkin, A.W., Groman, D.B., & Fast, M.D. (2012). Effects of orally administered immunostimulants on inflammatory gene expression and sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) burdens on Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 366, 9-16. doi:10.1016/j.aquaculture.2012.08.051
- Dahl, E.L. . (2017). *Strategisk bruk av rensefisk*. *SalMar*. FHF Rensefisk-konferanse 8. februar 2017, Trondheim.
- Dahle, S., Hagemann, A., Attramadal, K., Kjørsvik, E., & Bardal, T. (2017). *Vannkvalitet og startføring av rognkjeks*.

- Deady, S., Varian, S.J.A., & Fives, J.M. (1995). The use of cleaner fish to control sea lice on two Irish salmon (*Salmo salar*) farms with particular reference to wrasse behaviour in salmon cages. *Aquaculture*, 131, 73 - 90.
- Dempster, T., Korsøen, Ø., Folkedal, O., Juell, J.-E., & Oppedal, F. (2009). Submergence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial scale sea-cages: a potential short-term solution to poor surface conditions. *Aquaculture*, 288, 254 – 263.
- DiTomaso, J.M., Van Steenwyk, R.A., Nowierski, R.M., Vollmer, J.L., Lane, E., Chilton, E., Burch, P.L., Cowan, P.E., Zimmerman, K., & Dionigi, C.P. (2017). Enhancing the effectiveness of biological control programs of invasive species through a more comprehensive pest management approach. *Pest Management Science*. doi:10.1002/ps.4347
- Drangsholt, T.M.K., Gjerde, B., Ødegård, J., Fridell, F., & Bentsen, H.B. (2011). Quantitative genetics of vaccine-induced side effects in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 318(3–4), 316–324.
- Durif, C., Bjelland, R.M., & Skiftesvik, A.B. (2014). *Anaesthesia of Ballan wrasse*. In: *Production of ballan wrasse, science and practice*.
- Ehler, L.E. (2006). Integrated pest management (IPM): definition, historical development and implementation, and the other IPM. *Pest Manag Sci*, 62, 787-789.
- Erikson, U., Gansel, L., Frank, K., Svendsen, E., & Digre, H. (2016). Crowding of Atlantic salmon in net-pen before slaughter. *Aquaculture*, 465(395-400).
- Espmark, Å.M.O., Kolarevic, J., Aas-Hansen, Ø., & Nilsson, J. (2015). *Pumping og håndtering av smolt* Fiskeridirektoratet. (2016). *Lønnsomhetsundersøkelse for produksjon av laks og regnbueørret 2015*. Bergen.
- Fivelstad, Sveinung. (2013). Long-term carbon dioxide experiments with salmonids. *Aquacultural Engineering*, 53, 40-48. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.006
- Fivelstad, Sveinung, Haavik, Harald, Løvik, Geir, & Olsen, Anne Berit. (1998). Sublethal effects and safe levels of carbon dioxide in seawater for Atlantic salmon postsmolts (*Salmo salar* L.): ion regulation and growth. *Aquaculture*, 160(3–4), 305-316. doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00166-X
- FOR-2012-12-05-1140, Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg, (2012).
- Foss, A. (2017). *Innfangning, avlivning og tilrettelegging for etterbruk av rensefisk*. Rensefiskkonferansen, Trondheim 8. februar 2017.
- Frank, K., & Lien, A.M. (2015). *Permaskjørt og merdmiljø*. *Permaskjørt A4*
- Frank, K., Gansel, L., & Lien, A.M. (2013). *Permaskjørt A3 – fullskala feltforsøk*. *Dokumentasjon på skjørtets påvirkning på vannstrøm*.
- Gansel, L. (2010). *Flow patterns in and around fish cages; The effect of fish behaviour*. I *Lien 2011*. Aquaculture Europe
- Gismervik, K., Nielsen, K.V., Lind, M.B., & H., Viljugrein. (2017a). *Mekanisk avlusing med FLS-avlusersystem-dokumentasjon av fiskevelferd og effekt mot lus*
- Gismervik, K., Turnbull, J.F., Nielsen, K., Iversen, M.H., Nilsson, J., Espmark, Å.M., Mejdell, C., Sæther, B.-S., Stien, L.H., Gomez, D.I., Ellingsen, K., & Noble, C. (2017b). Part 3- fit for purpose OWIs to use during handling operations. In *FISHWELL handbook*.
- Gjedrem, T., & Baranski, M. (2009). *Selective Breeding in Aquaculture: an Introduction*: Springer.
- Gjerde, B. (Pers. komm.).
- Gjerde, B., & Hatlen, B. (2012). Forsøksdesign for test av lusefôr. *Norsk Fiskeoppdrett*, 12, 56-59.
- Gjerde, B., & Lein, I. (2016). *Antall fisk som må telles for å kunne påvise en gitt sann økning i antall lus per fisk med en bedre tellemetode*. Vedlegg til FHF-rapport 34/2016 «Telling av lakselus».

- Gjerde, B., Lein, I., & Tanase, C. (2016). *Telling av lakselus*
- Gjerde, B., & Saltkjelvik, B. (2009). Susceptibility of Atlantic salmon and rainbow trout to the salmon lice *Lepeophtheirus salmonis*. *Aquaculture*, 291, 31-34.
- Glover, K.A., Aasmundstad, T., Nilsen, F., Storset, A., & Skaala, Ø. (2005). Variation of Atlantic salmon families (*Salmo salar* L.) in susceptibility to the sea lice *Lepeophtheirus salmonis* and *Caligus elongatus*. *Aquaculture*, 245, 19–30.
- Groner, M.L., Cox, R., Gettinby, G., & Revie, C.V. (2013). Use of agent-based modelling to predict benefits of cleaner fish in controlling sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestations on farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J. of Fish Diseases*, 36, 195-208.
- Grøntvedt, R. N., Nerbøvik, I-K. G., Viljugrein, H., Lillehaug, A., Nilsen, H., & Gjerve, A-G. (2015a). *Termisk avlusing av laksefisk – dokumentasjon av fiskevelferd og effekt*.
- Grøntvedt, R., Nervikbø, I., Viljugrein, H., Lillehaug, A., Nilsen, H., & Gjevre, A. (2015b). *Termisk avlusning av laksefisk- dokumentasjon av fiskevelferd og effekt*
- Grøntvedt, R.N. , Jansen, P.A., Horsberg, T.E., Helgesen, K., & Tarpai, A.T. (2014). *The surveillance programme for resistance to chemotherapeutants in L. salmonis in Norway. Surveillance Programmes for Terrestrial and Aquatic Animals in Norway. Annual Report 2013*
- Grøtan, E. , & Overrein, I. (2017). *Erfaringer fra produksjon av berggylte*. Rensefiskkonferansen Trondheim 9. februar 2017.
- Grundvig, H., Gausen, M., Hovden, N., & Bergheim, A. (2015a). Innledende forsøk på å lage ferskvannsløkk i merd kledd med skjørt. *Norsk Fiskeoppdrett*, 5, 46-49.
- Grundvig, H., Gausen, M., Hovden, N., & Bergheim, A. (2015b). Vannkvalitetskontroll ved badebehandling i «ferskvannsløkk» i merd. *Norsk Fiskeoppdrett*, 6, 56-59.
- Grutter, A. (1999). Cleaner fish really do clean. *Nature*, 398, 672 – 673.
- Hahnenkamp, L., & Fyhn, H.J. (1985). The osmotic response of salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae), during the transition from sea water to fresh water. *Journal of Comparative Physiology B*, 155(3), 357-365.
- Halvorsen, K.A.T. (2015). UiA om bruk og kast av leppefisk, og om avl. Retrieved from <http://www.aftenposten.no/viten/Leppefisk-mot-lakselus-Det-store-eksperimentet-7941667.html>
- Hamre, L. A., Eichner, C., Caipang, C. M., Dalvin, S. T., Bron, J. E., Nilsen, F., Boxshall, G., & Skern-Mauritzen, R. (2013). The Salmon Louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) life cycle has only two Chalimus stages. *PLoS One*, 8(9), e73539. doi:10.1371/journal.pone.0073539
- Handeland, S. (2016). *Produksjon av postsmolt i semi-lukkede anlegg; Resultat fra en komparativ feltstudie*. Fremtidens smoltproduksjon - fjerde konferanse om resirkulering av vann i akvakultur, Sunndalsøra.
- Handeland, S., Calabrese, S., Kolarevic, J., Breck, O., & Terjesen, B.F. (2015a). Storskala uttesting av semi-lukket anlegg i sjø for produksjon av postsmolt. In B. F. Terjesen (Ed.), *Prosjektrapport «Optimalisert Postsmolt Produksjon»(OPP) 2012-2014* (pp. 107-131). Sunndalsøra: Nofima.
- Handeland, S., Vindas, M., Nilsen, T. O., Ebbesson, L. , Jørgensen, S.M., Stefansson, S., Pedrosa, C., Sveier, H., Tangen, S. , & Nylund, A. (2015b). *PRELINE - Documentation of post smolt welfare and performance in large scale Preline semi-containment system (CCS), in Annual report 2015 CtrlAQUA - Center for Closedcontainment Aquaculture* Retrieved from <https://nofima.no/wp-content/uploads/2015/03/Annual-report-2015.pdf>
- Heggen, K. (2017). *Hvordan bruke og nytte skjul effektivt*. FHF Rensefiskkonferansen 8. februar 2017, Trondheim.

- Heringstad, B., Rekaya, R., Gianola, D., Klemetsdal, G., & Weigel, K.A. (2003). Genetic change for clinical mastitis in Norwegian cattle: a threshold model analysis. *J Dairy Sci*, 86(1), 369-375.
- Hillestad, B., Thorland, I., Vela, S., & Johansen, H. (2017). *Avl for redusert lusetetthet hos Atlantisk laks*. Tekna Konferanse Frisk Fisk 1. og 2. februar, Bergen.
- Hjeltnes, B., Bornø, G., Jansen, M.D., Haukaas, A., & Walde, C. (red). (2017). *Fiskehelse rapporten 2016*
- Holm, H.J., Wadsworth, S., Bjelland, A.K., Krasnov, A., Evensen, Ø., & Skugor, S. (2016). Dietary phytochemicals modulate skin gene expression profiles and result in reduced lice counts after experimental infection in Atlantic salmon Parasites & Vectors. doi:10.1186/s13071-016-1537-
Y
- Houston, R.D., Bishop, S.C., Guy, D.R., Tinch, A.E., Taggart, J.B., Bron, J.E., Downing, A., Stear, M.J., Gharbi, K., & Hamilton, A. (2014). *Genome Wide Association Analysis for Resistance to Sea Lice in Atlantic Salmon: Application of a Dense SNP Array*. 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production.
- iLaks. (2016). Vil endre ny versjon av Ecomerden - Ny lukka merd vil få bedre vern mot uvær.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T.A. (2014a). The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 424-425, 18 – 23.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T.A. (2014b). Assessment of growth and sea lice infection levels in Atlantic salmon stocked in small-scale cages with lumpfish. *Aquaculture*, 433, 137 – 142.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T.A. (2014c). Notes on the behavior of lumpfish in sea pens with and without Atlantic salmon present. *Journal of Ethology*, 32, 117-122.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T.A., Nytrø, A.V., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T.A. (2015). Feeding preferences of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) maintained in open net-pens with Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 436, 47 – 51.
- Imsland, A.K., Reynolds, P., Eliassen, G., Mortensen, A., Hansen, Ø.J., Puvanendran, V., Hangstad, T.A., Jónsdóttir, Ó.D.B., Emaus, P.A., Elvegård, T.A., Lemmens, S.C.A., Rydland, R., Nytrø, A.V., & Jonassen, T.M. (2016). Is cleaning behaviour in lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) parentally controlled? *Aquaculture*, 459, 156 – 165.
- Ingvarsdottir, A., & Provan, F. (2012). *Seafarm pulse guard (SPG): Beskyttelse av laks i oppdrettsanlegg mot lakselus*. IRIS Stavanger.
- Ingvarsdottir, A., Provan, F., & Bredahl, H. (2012). *Fact sheet: Seafarm Pulse Guard (SPG): Protecting Farmed Salmon from Sealice*
- ISO16541:2015. Methods for sea lice surveillance on marine finfish farms: International Organization for Standardization (ISO)
- Iversen, A., Andreassen, O., Hermansen, Ø., Larsen, T.A., & Terjesen, B.F. (2013). *Oppdrettsteknologi og konkurranseposisjon*
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R.K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2015a). *Kostnadsdrivere i lakseoppdrett*
- Iversen, A., Hermansen, Ø., Andreassen, O., Brandvik, R.K., Marthinussen, A., & Nystøyl, R. (2016). *Kostnadsdrivere i Norge og konkurrentland. Drivkrefter og betydning for konkurransesituasjonen*

- Iversen, M.H., Jakobsen, R., Eliassen, R.A., & Ottesen, O. (2015b). Sedasjon av berggylte og rognkjeks for å redusere stress og dødelighet. Retrieved from <http://kyst.no/nyheter/sedasjon-av-berggylte-og-rognkjeks-for-reducere-stress-og-dodelighet/>
- Jensen, L.B., Provan, F., Larssen, E., Bron, J.E., & Obach, A. (2015). Reducing sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) through functional feeds. . *Aquaculture Nutrition*, 21, 983-993. doi:10.1111/anu.12222.
- Joensen, R. (2017). *Et flytendekar – gleder og bekymringer*. TEKSET, Trondheim.
- Johansen, B.B. (2014). *Luseskjørt – dokumentasjon av praktisk bruk og nytte. Sluttrapport, FHF-prosjekt 900834*
- Johansen, L.H., Colquhoun, D., Hansen, H., Hildre, S., Wergeland, H., & Mikalsen, H.E. (2016). *Analyse av sykdomsrelatert risiko forbundet med bruk av villfanget og oppdrettet renseskjold for kontroll av lakselus*
- Karlsen, M. . (2016). Fullt fokus på utvikling av lakselus-vaksine. Retrieved from <http://kyst.no/nyheter/fullt-fokus-pa-utvikling-av-lakselus-vaksine/>
- Kemper, K., Goddard, M., & Bishop, S. (2013). Adaptation of gastrointestinal nematode parasites to host genotype: single locus simulation models. *Genet Sel, Evol.* 45(1), 14.
- Kemper, K.E., Elwin, R.L., Bishop, S. C., Goddard, M.E., & Woolaston, R.R. (2009). *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis* did not adapt to long-term exposure to sheep that were genetically resistant or susceptible to nematode infections. *International Journal for Parasitology*, 39(5), 607–614.
- Kolarevic, J., Martinsen, S., Iversen, R., & Terjesen, B.F. . (2015). *Testing of a semi-closed containment system for production of Atlantic salmon postsmolts (OPP5b experiment at Smøla Klekkeri og Settefisk and Nekton Havbruk, Smøla)*
- Kolarevic, J., Stien, L.H., Espmark, Å.M., Gomez, D.I., Sæther, B.S., Nilsson, J., Wright, D.W., Nielsen, K., & C., Noble. (2017). *Part 2- Fit for purpose OWIs for different production systems. In FISHWELL handbook*
- Kolstad, K., Thorland, I., Refstie, T., & Gjerde, B. (2006). Genetic variation and genotype by location interaction in body weight, spinal deformity and sexual maturity in Atlantic cod (*Gadus morhua*) reared at different locations off Norway. *Aquaculture*, 259, 66-73.
- Korsøen, Ø.J., Fosseidengen, J.E., Kristiansen, T.S., Oppedal, F., Bui, S., & Dempster, T. (2012a). Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a submerged sea-cage adapt rapidly to re-fill their swim bladders in an underwater air filled dome. *Aquaculture Engineering*, 51, 1 – 6.
- Korsøen, Ø.J., Dempster, T., Fjellidal, P.G., Oppedal, F., & Kristiansen, T. S. . (2009). Long-term culture of Atlantic salmon (*Salmo salar*L.) in submerged cages during winter affects behaviour, growth and condition. *Aquaculture*, 296(373 – 381).
- Korsøen, Ø.J., Dempster, T., Oppedal, F., & Kristiansen, T.S. (2012b). Individual variation in swimming depth and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) subjected to submergence in sea-cages. . *Aquaculture*, 334-337, 142-151.
- Krebs, J.R., & Davies, N.B. (1987). *An Introduction to Behavioural Ecology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Kyst.no. (November 2016). Stigande interesse for straumgjerde mot lakselus. Retrieved from <http://kyst.no/nyheter/stigande-interesse-for-straumgjerde-mot-lakselus/>
- Leclercq, E., Davie, A., & Emigaud, H. (2014). Delousing efficiency of farmed ballan wrasse (*Labrus bergylta*) against *Lepeophtheirus salmonis* infecting Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts. *Pest Management Science*.

- Lerøy. (2016). Risikoanalyse Sagen Rensefisk. Retrieved from <http://einnsyn.kystverket.no/einnsyn/registryentry/ShowDocument?registryEntryId=266933&documentId=482611>
- Lien, A.M. (2016). Oppdrettere ser gode resultater med bruk av luseskjørt og snorkelmerd for å forebygge lakselusangrep. *Nfexpert*, 1, 52 – 53.
- Lien, A.M., & Høy, E. (2011). *Skjørt for skjerming mot lus i laksemerd*
- Lind, M.B. . (2015). *Fluidpermeabelt luseskjørt (SalGard™) og fiskevelferd i oppdrett av atlantisk laks (Salmo salar L.) i Nord-Norge - effektiv og skånsom ikke-medikamentell bekjempelse av lakselus?*. Masteroppgave, Universitetet i Tromsø, Norges arktiske universitet.
- Mattilsynet. (2016). https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/fiskehelse/legemidler_til_fisk/ansvar_ved_bruk_av_ikkemedikamentelle_avlusingsmetoder.24921.
- Mejdell, C. M., Midling, K.Ø., Erikson, U., Evensen, T.H., & Slinde, E. (2009). *Slaktesystemer for laksefisk i 2008- fiskevelferd og kvalitet*.
- Meuwissen, T. H. E., Hayes, B. J., & Goddard, M. E. (2001). Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157, 1819–1829.
- Midtlyng, P.J. (1997). Vaccinated fish welfare: protection versus side-effects. In R. Gudding, A. Lillehaug, P. J. Midtlyng, & F. e. Brown (Eds.), *Fish vaccinology* (Vol. 90, pp. 371–379.). Basel: Dev Biol Stand.
- Midtlyng, P.J. , Reitan, L.J. , & Speilberg, L. (1996). Experimental studies on the efficacy and side-effects of intraperitoneal vaccination of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) against furunculosis. *Fish & Shellfish Immunology*, 6, 335-350.
- Midtlyng, P.J., & Lillehaug, A. (1998). Growth of Atlantic salmon *Salmo salar* after intraperitoneal administratin of vaccines containing adjuvants. *Diseases of Aquatic Organisms*, 32 91–97.
- Mortensen, A., Puvanendran, V., Hansen, Ø.J., & Sae-Lim, P. (2017). *Hvilken rognkjeks har mest lyst på lus?* . FHF Rensefiskkonferansen Februar 2017, Trondheim.
- Mortensen, A., & Skjelvareid, M.H. (2015). *Ultralyd - et nytt våpen mot lakselusa?*
- Murray, A.G. (2016). A modelling framework for assessing the risk of emerging diseases associated with the use of cleaner fish to control parasitic sea lice on salmon farms. . *Transboundary and Emerging Diseases*, 63, e270 – e277.
- Mutoloki, S., Alexandersen, S., & Evensen, Ø. (2004). Sequential study of antigen persistence and concomitant inflammatory reactions relative to side-effects and growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) following intraperitoneal injection with oil-adjuvanted vaccines. . *Fish & Shellfish Immunology*, 16 633–644.
- Næs, M. , Grøntvedt, R.N., Kristoffersen, A.B., & Johansen, B. (2014). *Feltutprøving av planktonduk som skjerming rundt oppdrfettsmerder for å redusere påslag av lakselus (Lepwoptheirus salmonis)*
- Næs, M., Heuch, P.A., & Mathisen, R. (2012). *Bruk av "luseskjørt" for å redusere påslag av lakselus Lepeophtheirus salmonis (Krøyer) på oppdrettslaks*
- Nilsen, A., Bergheim, A., & Nielsen, K.V. (2014). *Produksjon av laks i semi-lukket merd 2012-2014*. Tredje konferanse om resirkulering av vann i akvakultur 22.-23 oktober 2014, Sunndalsøra.
- Nilsen, A., Erikson, U., Aunsmo, A., Østvik, A., & Heuch, P. A. (2010). *Mekanisk fjerning av lakselus "FLS avlusersystem" – test av ejektorpumpe fra Flatsetsund Engineering AS*.
- Nilsen, Arve, Nielsen, Kristoffer Vale, Biering, Eirik, & Bergheim, Asbjørn. (2017). Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. *Aquaculture*, 466, 41-50. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.09.009>

- Nilsen, F. (2017). *Lakselus – Vaksineforskning Salmon Lice Research Center, Bergen*. Foredrag: Medikament-fri lakseluskontroll, Trondheim 07.02.2017.
- NorskFiskeoppdrett. (2011). Kan gjerde av elektrisk strøm i sjøvann brukes som et tiltak mot ekstern smitte av lakselus? *Norsk Fiskeoppdrett*, 8.
- Nytrø, A.V. (2016). *Rognkjeks: Biologi og behov*. Foredrag på Fagdager ikke-medikamentelle metoder 17. februar 2016, Finnsnes.
- Ødegård, J., Moen, T., Santi, N., Korsvoll, S.A., Kjølglum, S., & Meuwissen, T.H.E. (2017). *Effektiv genomisk seleksjon for økt genetisk resistens mot lakselus – en valideringsstudie*. Tekna Konferanse Frisk Fisk 1. og 2. februar, Bergen.
- Ødegård, J., Moen, T., Santi, N., Korsvoll, S.A., Kjølglum, S., & Meuwissen, T.H.E. (2014). Genomic prediction in an admixed population of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Front. Genet.* doi:<http://dx.doi.org/10.3389/fgene.2014.00402>
- Oppedal, F., Dempster, T., & Stien, L.H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: A review. *Aquaculture*, 311, 1 – 18.
- Oppedal, F., Dempster, T., & Stien, L.H. (2016). *Snorkelmerd: Produksjonseffektivitet, adferd og velferd*.
- Oppedal, F., Samsing, F., Dempster, T., Wright, D.W., Bui, S., & Stien, L.H. (2017). Sea lice infestation levels decrease with deeper ‘snorkel’ barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Management Science*. doi:10.1002/ps.4560
- Øvergård, A.-C., Hamre, L.A., Harasimczuk, E., Dalvin, S., Nilsen, F., & Grotmol, S. (2016). Exocrine glands of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae): Distribution, Developmental Appearance, and Site of Secretion. *J. Morphol.* doi:10.1002/jmor.20611
- Pers. komm. Sørøy, M. (Mars 2017). [Smøla Klekkeri og Settefiskanlegg].
- Poppe, T. (2015). Rensefugl – en lignelse om dyrs egenverdi. Retrieved from http://www.kyst.no/nyhet/?article_id=110929
- Powell, Mark D, Reynolds, Pat, & Kristensen, Torstein. (2015). Freshwater treatment of amoebic gill disease and sea-lice in seawater salmon production: Considerations of water chemistry and fish welfare in Norway. *Aquaculture*, 448, 18-28.
- Prokopy, R.J. (2003). Two decades of bottom-up, ecologically based pest management in a small commercial apple orchard in Massachusetts. *Agric Ecosyst Environ*, 94, 299-309.
- Provan, F. (2017). *Fullskala dokumentasjon av strømngjerde mot lakseluspåslag*. FHF Rensefiskkonferansen og medikamentfri lakseluskontroll 2017.
- Purcell, S.L., Friend, S.E., Covelto, J.M., Donkin, A., Groman, D.B., Poley, J., & Fast, M.D. (2013). CpG inclusion in feed reduces sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, numbers following re-infection. *Journal of Fish Diseases*, 36, 229-240. doi:10.1111/jfd.12024.
- Qviller, L., & Grøntvedt, R.N. (2016). *Felttest av ultralyd mot lakselus (FHF-prosjekt 901192)*
- Rasmussen, T., Hansen, J.Ø., Frenzl, B., & Arvesen, M. (2016). Lusefri med kombinasjon av rognkjeks, laser og skjørt. *Norsk Fiskeoppdrett*, 11, 36-39.
- Rauw, W.M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E.N., & Grommers, F.J. (1998). Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science*, 56, 15-33.
- Refstie, S., Baevefjord, G., Seim, R.R., & Elvebø, O. (2010). Effects of dietary yeast cell wall beta-glucans and MOS on performance, gut health, and salmon lice resistance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed sunflower and soybean meal. *Aquaculture*, 305, 109-116. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.04.005
- Remen, M. (2017). *Transport av rognkjeks - hva er godt levert?*. FHF Rensefiskkonferansen 8. februar 2017, Trondheim

- Rensefisknytt. (2012). *Rensefisknytt*.
- Rensefisknytt. (2017). *Rensefisknytt 1*.
- Reynolds, P. (2015). *Ferskvannsavlusing i brønnbåt: Elucidation of the effects of physical handling in removing attached sea lice from infested Atlantic salmon*
- Reynolds, P. . (2013). *The use of freshwater to control infestations of the sea louse Lepeophtheirus salmonis K on Atlantic salmon Salmo salar L.*
- Roth, B. (2016). *Avlusing av laksefisk med Optilice: Effekt på avlusing og fiskevelferd*
- RSPCA. (2015). RSPCA welfare standards for farmed Atlantic salmon. Retrieved from <https://science.rspca.org.uk/sciencegroup/farmanimals/standards/salmon>
- Saunders, R.I. . (1965). Adjustment of buoyancy in young Atlantic salmon and Brook trout by changes in swimbladder volume. *J Fish. Res*, 22, 335 – 352.
- Schram, T.A. (1993). Supplementary descriptions of the developmental stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) (Copepoda: Caligidae) *Boxshall GA, Defaye DD (eds) Pathogens of wild and farmed fish: sea lice* (pp. p 30–50). New York: Ellis Horwood.
- Skiftesvik, A.B., Bjelland, R.M., Durif, C., & Hjellum, R.B. (2016a). *Program rensefisk: atferd og artssamspill i laksemerder*
- Skiftesvik, A.B., Bjelland, R.M., Durif, C.M.F., Johansen, I.S., & Browman, H.I. (2013). Delousing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by cultured vs. wild ballan wrasse (*Labrus bergylta*). *Aquaculture*, 402-403, 113-118.
- Skiftesvik, A.B., Mortensen, S., & Bjelland, R.M. (2016b). *Bruk av rensefisk – muligheter og begrensninger.*
- Skjelvareid, M.H. , Breiland, M.S.W. , Holan, A.B. , & Mortensen, A. (2016). *Effekt av ultralyd på lakselus*
- Solvang-Garten, T., Hagemann, A., & Evendsen, E. (2016). *Sluttrapport: Ultralyd mor lakselus: Kontrollert testing av effekt direkte på lakselus*
- Sørum, U., & Damsgård, B. . (2004). Effects of anaesthetisation and vaccination on feed intake and growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 232 333–341.
- Stavang, J.A. , Hamre, L.A., & Nilsen, F. . (2015). *Ferskvannsbehandling mot lakselus – laboratoriumsforøk med adult lus*
- Stien, L.H., Dempster, T., Bui, S., Glaropoulos, A., Fosseidengen, J.-E., Wright, D.W., & Oppedal, F. (2016a). ‘Snorkel’ sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture*, 458, 29 – 37. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.02.014
- Stien, L.H., Oppedal, F. , Folkedal, O., Mangor-Jensen, A., & Kristiansenet, T.S. (2016b). *Dyrevelferd i lakseoppdrett (eng: Animal welfare in salmon aquaculture). In: Svåsand T, Karlsen Ø, Kvamme BO, Stien LH, Taranger GL, Boxaspen KK (eds). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016.*
- Stien, Lars H., Nilsson, Jonatan, Hevrøy, Ernst M., Oppedal, Frode, Kristiansen, Tore S., Lien, Andreas M., & Folkedal, Ole. (2012). Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering*, 51, 21-25. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.06.002
- Storset, A., Strand, C., Wetten, M., Kjølglum, S., & Ramstad, A. (2007). Response to selection for resistance against infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.). *Aquaculture*, 272, 62-68.
- Sundh, H., Kvamme, B. O., Fridell, F., Olsen, R. E., Ellis, T., Taranger, G. L., & Sundell, K. (2010). Intestinal barrier function of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post smolts is reduced by common sea cage environments and suggested as a possible physiological welfare indicator. *BMC physiology*, 10(1), 22.

- Sysla.no. (August 2015). Holder lakselusen unna med strømgjerde. Retrieved from http://sysla.no/2015/08/17/havbruk/holder-lakselusen-unna-med-stromgjerde_56859/
- Terjesen, B.F. (2017). *Lukkede anlegg land og sjø som tiltak mot lakselus*. Rensefiskkonferansen og medikamentfri lakseluskotroll (FHF), Trondheim.
- Thorarensen, H., & Farrell, A. P. (2011). The biological requirements for post-smolt Atlantic salmon in closed-containment systems. *Aquaculture*, 312(1-4), 1-14. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.11.043
- Torgeirsen, T. (2016). *Fossefall for lakseluskontroll* Retrieved from http://www.imr.no/filarkiv/2016/11/35-2016_sluttrapport_fhf_lusefoss_tt.pdf/nb-no
- Tsai, H-Y., Hamilton, A., Tinch, A.E., Guy, D.R., Bron, J.R., Taggart, J.B., Gharbi, K., Stear, M., Matika, O., Pong-Wong, R., Bishop, S.C., & Houston, R.D. (2016). Genomic prediction of host resistance to sea lice in farmed Atlantic salmon populations. *Genet Sel*, 48:47. doi:10.1186/s12711-016-0226-9
- Willumsen, L. (2001). *Fangst av rognkjeks (Cyclopterus lumpus L.) og rognkjeks som lusespiser på laks*.
- Wright, D.W., Oppedal, F. , & Dempster, T. (2016). Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater sensitive. *J Fish Dis.*, 39(10), 1179-1178. doi:10.1111/jfd.12452
- Wright, D.W., Stien, L.H., Dempster, T., Vågseth, T., Nola, V., Fosseidengen, J.-E., & Oppedal, F. (2017). 'Snorkel' lice barrier technology reduced two co-occurring parasites, the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) and the amoebic gill disease causing agent (*Neoparamoeba perurans*), in commercial salmon sea-cages. *Preventive Veterinary Medicine*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.03.002>

Vedlegg 1: MEDFRI workshop Hell, 26 – 27. januar 2017

Kort sammendrag av innleggene til de inviterte aktørene fra Skottland og Færøyene

1. Brad Chadwick (Marine Harvest Scotland)
 - Mye dødelighet på rensefisk pga fysiske skader
 - Utfordringen er når fisken er svak
 - i. Leverskader?
 - ii. MH skylder mye av dårlig fiskehelse på fiskefôr (mer planteoljer istedenfor marine råvarer)
 - iii. Vurderer om Cu forgifter fisk?
2. Herve Migaud (University of Sterling)
 - Arbeider med:
 - i. Lys og lus
 - ii. Lys manipulering (laks følger lyset)
 - iii. Lite lus i mørke
 - iv. Lavest påslag ved rødt lys – laks ser rødt lys
3. Andrew Davie (University of Sterling)
 - Skottene har lengst erfaring med berggylt, rognkjeks har de startet med nylig
 - Atferd til rensefisk, dvs hvor er de i merdene og hva gjør de?
 - Agar blokker med fôr til rognkjeks
 - Trent fisk har en døgn rytme, der de er aktive om dagen og hviler om natten
 - AGD problem på begge arter
 - Leppefisk utfordring - A. furunkulose
 - Rognkjeks utfordring - vibrose, transport skader
4. Sean Monaghan (University of Sterling)
 - Vaksine utvikling
5. Armin Strum (University of Sterling)
 - Motstandsdyktighet for kjemikalier, mekanisk behandling (termisk, ferskvann), hvordan overkomme motstandsdyktighet?
 - Overvåking av reaksjon til kjemikalier – genetiske tester
 - Redusere antall behandlinger, rotere mellom behandlinger
6. David Basset (Machrihanish)
 - Jobber med laks
 - Lus smitte modeller
 - AGD smitte modeller
 - Motstandsdyktighet
 - Klekking av berggylt
 - Genotypisk screening
 - Vaksinerings
 - UV
 - Ultralyd
 - Fôrtilsetninger
7. Giuseppe Paladini (University of Sterling)
 - Parasittolog
 - Minner om at det finnes andre parasitter enn lus
 - Jobber med Laser – Stingray

- i. Kan man bruke samme system til lusetelling?
 - ii. Automatisk lusetelling? Vanskelig å skille ulike stadier av lus (modne lus som teller)
- 8. Marjun Wilhelm (Hiddenfjord, Færøyene)
 - Reguleringer på Færøyene
 - i. All in-all out
 - ii. En fjord – en generasjon pga biosikkerhet og beskyttelse av miljø
 - Reguleringene er positive for patogener med kort livssyklus, men negative for patogener med lang livssyklus, eks lus
 - Stagnering av lakseproduksjon pga lus og håndtering
 - i. Land basert produksjon
 - ii. Rensefisk
 - iii. Laser og thermolicer
 - iv. Skjørt
 - v. Ingen MTB, men bestemmelse om hvor mange fisk man kan ha i en merd
 - vi. Mer vanlig med utsett av 500g smolt (2011 - 2017: økt utsettstørrelse fra 250 – 500 g)
 - vii. Rognkjeks fra Island (kommer med fly. Mindre gode erfaringer med båt, fisken blir sjøsyk)
 - viii. Atferd: døgnrytme
 - ix. Fôring: blander laksefôr og rognkjeks fôr, og de spiser samtidig. Men de kan også skilles om ønskelig
 - x. Skjul: Plastikk skjul mot bølger
 - xi. Kinatare fungerer ikke pga for mye dårlig vær
 - xii. Dødelighet rognkjeks: 7-20%
 - 1. Ulike sykdommer
 - 2. Dødelighet grunnet noen avlusningsmetoder (med håndtering)
 - a. Forbedringer: opplæring av personale
 - 3. Dødelighet etter dårlig vær med mye bølger, tror at bølger påvirker dødelighet. Øke faren for infeksjoner pga oppstrømning av bunnsedimenter
 - 4. Bølger er et større problem en vannstrøm
 - 5. Grense var 2 voksne lus pr fisk – nå ned på 1.5
 - 6. Teller lus hver 14. dag

