Forekomst og mulige årsak til katarakt hos rognkjeks

Akvaplan-niva AS Rapport: 7708 - 1

This page is intentionally left blank

Akvaplan-niva AS
Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur
Org.nr: NO 937 375 158 MVA
Gaustadalleen 21
0349 Oslo
Tlf: +7 921 7260468, Fax: +7 8152 233379
www.akvaplan.niva.no

Rapporttittel / Report title

Forekomst og mulige årsak til katarakt hos rognkjeks

Forfatter(e) / Author(s) Thor Jonassen, Miriam Hamadi, Patrick Reynolds, Ane Nytrø, Albert Imsland	**Akvaplan-niva rapport nr / report no** 7708 - 1
	Dato / Date 09.06.2016
	Antall sider / No. of pages 54
	Distribusjon / Distribution Åpen
Oppdragsgiver / Client FHF	**Oppdragsg. referanse / Client's reference** 901152

Sammendrag / Summary

I feltundersøkelsen med 30 rognkjeks fra 12 forskjellige grupper og 10 forskjellige anlegg ble det registrert varierende forekomster av katarakt i alle de undersøkte gruppene (20-95 % prevalens) og stor variasjon i alvorlighetsgrad (kataraktindeks 0-8). Dette viser behov for videre oppfølging, spesielt med tanke på en større kartlegging av utbredelse, betydningen i forhold til fiskevelferd, påvirkning av rognkjeksens funksjon som lusespiser, samt analysering av bakenforliggende årsaker til katarakt.

Betydningen av katarakt på vekst, overlevelse og lusespising hos9 familiegrupper utsatt i små laksemerder (5x5x5 m) for beiting av lakselus viste generelt lav forekomst og grad av katarakt i alle gruppene, men likevel en signifikant økning utover i forsøksperioden. Forekomsten av unilateral katarakt ga indikasjoner på at ytre mekanisk belastning på fisken som kan gi friksjon eller skader på øynene har betydning for øyehelsen hos rognkjeks. I tillegg var det forekomster av svak bilateral katarakt hos opptil 25 % av fisken i enkelte familiegrupper, som antyder systemiske årsaker til katarakt, for eksempel påvirket av ernæring. Det var forskjeller mellom familiegruppene som kan forklares med mulig underliggende genetiske koplinger til kataraktutvikling. Det var ingen indikasjoner på at den milde graden av katarakt observert påvirket dødelighet, vekst eller opptak av laksefôr.

Prosjektleder / Project manager	**Kvalitetskontroll / Quality control**
Thor Jonassen	Albert Imsland

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Sammendrag 5
2 Bakgrunn 6
3 Introduksjon 6
4 Delrapport 1: Undersøkelse av katarakt hos rognkjeks fra 10 anlegg og mulige risikofaktorer 8
4.1 Materiale og metode 8
4.2 Resultater fra feltundersøkelsen 10
4.3 Diskusjon av data fra feltundersøkelsen 17
4.4 Vurdering og diskusjon av risikofaktorer for katarakt 19
5 Delrapport 2: Utvikling av katarakt hos 9 familiegrupper av lusespisende rognkjeks 23
5.1 Materiale og metode 23
5.2 Resultater 28
5.3 Diskusjon 36
6 Konklusjoner og anbefalinger 38
7 Referanser 39
8 Vedlegg 43
8.1 Diskusjon av kjente risikofaktorer for katarakt hos fisk 43
8.2 Beskrivelse av de vurderte risikofaktorene for katarakt 47
8.3 Sannsynlighetsvurdering av de undersøkte risikofaktorene 49
8.4 Bilder av den undersøkte rognkjeksen 52
8.5 Oversikt over sår og lyter på den undersøkte rognkjeksen. 53
8.6 Samletabell for karakteristikker av alle grupper og replikater. 54

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

1 Sammendrag

Dette er den første systematiske undersøkelsen av katarakt ("grå stær") hos rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*). Rognkjeks oppdrettes i dag for bruk i bekjempelsen av lakselus.

Katarakt er et dyrevelferdsproblem, kan redusere vekst og overlevelse og ikke minst svekkes synet og dermed rognkjeksens evne til å beite lakselus. Mindre effektiv lusespising vil sannsynligvis gi lakseoppdretter økte kostnader med annen kjemisk avlusning. Årsakene til katarakt på laks er ofte forbundet med ernæring eller andre faktorer som raske fluktuasjoner i vanntemperatur og salinitet, rask vekst og genetisk bakgrunn. Det er ikke gjort noen systematisk undersøkelse av katarakt på rognkjeks, men det er rapportert om flere tilfeller. Dette prosjektet vil gjennomføre en systematisk kartlegging av katarakt for å se om det er behov for tiltak for å reduserer problemet.

De første sporadiske og usystematiske observasjonene av katarakt på rognkjeks ble gjort i 2014/2015, men det var delte meninger om omfang og alvorlighetsgrad. Akvaplan-niva i samarbeid med Aqua Kompetanse fikk i oppdrag fra FHF å kartlegge omfang av katarakt på rognkjeks.

Rapporten er delt opp i to deler: 1) beskriver kataraktstatus fra 12 grupper av rognkjeks fordelt på 10 anlegg, i tillegg til en gruppe villfanget rognkjeks. Opplysninger om risikofaktorer relevant for kataraktutviklingen ble samlet inn og analysert. 2) analysering av et større datasett inkl. kataraktdata fra kontrollert forsøk med 9 familiegrupper av rognkjeks utsatt i laksemerd. Prosjektperioden var fra oktober 2015 til april 2016.

Katarakt er forekommende i varierende grad i alle de undersøkte gruppene (20-95 % prevalens) og det var stor variasjon i alvorlighetsgrad. Dette viser behov for videre oppfølging, spesielt med tanke på en større kartlegging av utbredelse, betydningen i forhold til fiskevelferd, påvirkning av rognkjeksens funksjon som lusespiser, samt analysering av bakenforliggende årsaker til katarakt.

I en opplisting av mulige bakenforliggende årsaker til katarakt ble spesielt risikofaktorene "spyling av nøter", "håndtering (prøvetaking, flytting, sortering, håving)", "erosjon, sår og skader", "veksthastighet", "formalinbehandling" og "fiskehelse generelt" vurdert som mulig risikofaktorene.

I delprosjekt 2 hvor betydningen av katarakt på vekst, overlevelse og lusespising ble undersøkt i 9 familiegrupper av rognkjeks var det generelt lav forekomst og grad av katarakt i alle gruppene, men likevel en signifikant økning utover i forsøksperioden. Forekomsten av unilateral katarakt ga indikasjoner på at ytre mekanisk belastning på fisken som kan gi friksjon eller skader på øynene har betydning for øyehelsen hos rognkjeks. I tillegg var det forekomster av svak bilateral katarakt hos opptil 25 % av fisken i enkelte familie grupper, som antyder systemiske årsaker til katarakt, for eksempel påvirket av ernæring. Det var forskjeller mellom familiegruppene som kan forklares med mulig underliggende genetiske koplinger til kataraktutvikling. Det var ingen indikasjoner på at den milde graden av katarakt observert påvirket dødelighet, vekst eller opptak av laksefôr. Sannsynligvis hadde det heller ingen negativ effekt på spising av lakselus, selv om datagrunnlaget var for begrenset til å konkludere på dette.

2 Bakgrunn

Prosjektet ble gjennomført av Akvaplan-niva i samarbeid med Aqua Kompetanse og Gifas på oppdrag fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) v/ Eirik Sigstadstø gjennom prosjektet "Katarakt hos rognkjeks" (prosjektnummer 901152). Styringsgruppen for prosjektet var Olav Breck (Marine Harvest), Lars Jørgen Ulvan (Nordland Rensefisk) og Marco Schaer (Salmar). Hovedmålet var å beskrive forekomsten av katarakt og eventuelle negative konsekvenser gjennom en systematisk kartlegging av rognkjeks i oppdrettsanlegg. I tillegg ble datamateriale fra familiegrupper fra forsøk i merd analysert. Følgende delmål ble satt: 1) kartlegge omfanget (prevalens) og alvorlighetsgrad (kataraktindeks) på rognkjeks fra 10 anlegg, inkludert stamfisk og rognkjeks satt i sjø, 2) analysere sammenhengen mellom katarakt og forskjellige risikofaktorer, 3) beskrive sammenhengen mellom katarakt og genetisk bakgrunn, 4) beskrive utviklingen av katarakt på rognkjeks etter utsett i laksemerd og sammenheng med vekst og dødelighet.

Forventet nytteverdi fra prosjektet er informasjon om utbredelsen av et viktig dyreetisk problem og forhold knyttet til dette (miljø og risiko). Det vil også danne grunnlag for vurdering om det er behov for videre oppfølging av problemet, bl.a. analysering av linser og vevsprøver for å se om katarakt kan være forbundet med ernæringsmangler.

Underveis i prosjektet ble det basert på foreløpige konklusjoner om omfanget av katarakt bestemt å følge opp prosjektet i samarbeid med NIFES v/ Rune Waagbø. Basert på analyser av frie aminosyrer (FAA) og N-acetyl-histidin (NAH) fra muskel, hjerte og linser fra rognkjeks vil en beskrive sammenhengen mellom ernæring og katarakt samt behovet for å optimalisere fôr til rognkjeks. Resultater fra denne delen vil bli forelagt i egen rapport.

3 Introduksjon

Rognkjeks oppdrettes i dag for bruk i biologisk bekjempelsen av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) og bidrar derfor til reduksjon av medikamentbruk i oppdrett. Opprettholdelse og gjerne forbedring av avlusningskapasiteten (beiteaktiviteten på lus) er essensielt for effektiv bruk av rognkjeks i avlusing, men det er rapportert om store individuelle forskjeller i fôropptak og preferanse for lus (Imsland et al. 2014), hvor genetisk bakgrunn er en mulig faktor (Imsland et al. 2016). En annen faktor som er lite undersøkt er fiskens fysiologiske tilstand, robusthet, som er påvirket av bl.a. produksjonsforhold, håndtering og transport, som er viktig både i forhold til fiskevelferd og etisk forsvarlig produksjon, men også i forhold til optimal funksjonalitet hos fisken. For å sikre effektiv bruk av rognkjeksen i kontrollen med lakselus, både i forhold til andel fisk som spiser lus, overlevelse, lusespiseeffektiviteten og varigheten av egenskapen osv., er man avhengig av at det settes ut en frisk og robust rognkjeks. Dersom katarakt kan knyttes til sub-optimal ernæring bør en følge opp med forbedringer av fôr til rognkjeks. I forhold til god funksjonalitet som lusespiser er selvsagt også godt syn spesielt viktig.

Katarakt ("grå stær") er blakking av linsen og medfører at fisken får redusert syn eller i verste fall blir helt blind. Både osmotisk stress og oksidativt stress kan føre til katarakt. Det er ikke gjort noen systematisk undersøkelse av øyehelse på rognkjeks, men mye tyder på at forekomsten av katarakt er utbredt. Veterinær har ved helsekontroll av rognkjeks i merd observert katarakt på 100 % av fisken etter 5 måneder i sjø (pers. med. veterinær Nils Vestvik). I vekstforsøk med rognkjeks på forskjellige temperaturer ble det funnet katarakt i varierende grad på all fisk ved høye temperaturer (13 og 16 °C), men ikke på lave temperaturer (Nytrø et al. 2014). Hos stamfiskrekrutter med katarakt er det observert dødelighet som følge av avmagring.

Øyehelse hos fisk er delvis knyttet til vannkvalitet (Waagbø et al. 1998, 2003, 2008), og katarakt blir gjerne regnet som en produksjonsrelatert sykdom, hvor en rekke miljø- og ernæringsrelaterte faktorer kan spille inn, enten alene eller oftest i samspill mellom flere av disse faktorene (Treasurer et al. 2007). Tapt tilvekst kan sannsynligvis knyttes til redusert fôropptak som følge av redusert syn eller blindhet (Brecket al. 2003). Typisk var det fisk som var størst ved utsett som hadde mest utviklet katarakt (høy kataraktindeks), men fikk redusert tilvekst i sjø (Ersdal et al. 2001). Dette kan tolkes som at irreversibel katarakt ikke bare har en midlertidig effekt på vekst, men også en langtidseffekt med kontinuerlig negativ påvirkning gjennom hele produksjonen p.g.a. redusert fôropptak.

Fra 1995 til rundt år 2000 var katarakt ansett som et av problemene med størst økonomisk betydning i lakseoppdrett (Menzies et al. 2002) som følge av økonomiske tap knyttet til dødelighet og tapt tilvekst. Forekomsten av katarakt på laks i sjø kunne i enkelte tilfeller komme opp i 83 %. Problemet er i dag kraftig redusert primært som følge av økt tilsetning av histidin i laksefôr. Også hos kveite (Williams & Brancker, 2006) og torsk (Björnsson 2004; Moran et al. 2012) er det rapportert om problemer med katarakt men det finnes ingen klare konklusjoner som tilsier at det også for marin fisk er knyttet til ernæring.

Forskjellige typer stress knyttet til f.eks. vannkvalitet, håndtering og ernæring er som nevnt en vanlig årsak til katarakt (Breck 2004), i tillegg til at genetisk bakgrunn kan ha betydning, enten direkte eller indirekte gjennom genetiske forskjeller i vekstpotensialet (Ersdal et al. 2001, Breck et al. 2003). Samvariasjonen mellom vekst og mange av de andre risikofaktorene, f.eks. genetikk, temperatur, oksygenmetning, diettsammensetning og energiinnhold i fôret gjør det vanskelig å isolere enkeltfaktorer og kompliserer bildet når en observerer katarakt og vil undersøke årsakssammenhenger. Screening av katarakt på fiskegrupper sammen med kartlegging av risikofaktorer og historikk på fisken kan likevel være et praktisk og nyttig verktøy for å avdekke sub-optimale produksjonsforhold. Dette kan gjøres med det blotte øye, uten hjelpemidler, eller aller helst i et mørkt rom med en lupe med 10x forstørrelse og en spaltelampe (lampe med en smal åpning som lyser opp linsen fra en viss vinkel som gir mulighet for en dybdemessig (tredimensjonal) gjennomgang av linsen). Alvorlighetsgraden (kataraktindeksen) blir undersøkt ved å score linsen fra 0 til 4 for hver linse (begge øynene undersøkes), i forhold til hvor mange prosent av linsen som er blakket (Wall & Bjerkås, 1999). Scoren for hver fisk oppgis på en skala fra 0-8.

For rognkjeks er kunnskap om kataraktstatus viktig i forhold til å sikre god fiskevelferd, få indikasjoner på sub-optimal ernæring og ikke minst få kunnskap om fødevalg og evnen til å detektere lakselus er påvirket av kataraktstat.

På bakgrunn av dette ble omfang av katarakt fra 10 anlegg med rognkjeks kartlagt, inkludert rognkjeks utsatt i laksemerd, liten rognkjeks i kar og oppdrettet stamfisk av rognkjeks (Delrapport 1). Samtidig ble det gjort en vurdering av mulig påvirkning fra utvalgte produksjonsrelaterte risikofaktorene som en har kunnskap om kan påvirke øyehelse hos fisk, primært laks. I tillegg ble et større datasett fra et kontrollert forsøk med 9 familiegrupper av rognkjeks utsatt i laksemerd analysert for å beskrive sammenheng mellom katarakt og genetisk bakgrunn, vekst og dødelighet (Delrapport 2).

4 Delrapport 1: Undersøkelse av katarakt hos rognkjeks fra 10 anlegg og mulige risikofaktorer

Feltstudien undersøkte forekomsten (% prevalens) og grad (kataraktindeks) av katarakt. Dataene ble sammenholdt med fiskens historikk på miljø og produksjonsforhold.

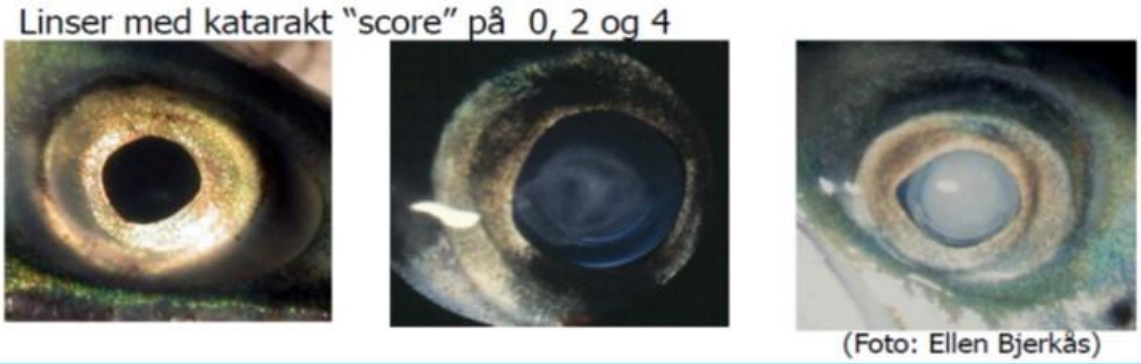
4.1 Materiale og metode

Kartlegging av katarakt:

I feltundersøkelsen ble 30 fisk fra 12 fiskegrupper fordelt på 10 lokaliteter samt 30 gyteklare villfisk undersøkt for katarakt. På to av lokalitetene ble de undersøkt to forskjellige fiskegrupper, disse var hhv. yngel på mellom 66-123 g) og kjønnsmoden oppdrettet stamfisk (ca. 1 kg). En gruppe av villfanget gytemoden rognkjeks ble også undersøkt. I tillegg ble fisken veid, og det ble målt lengde og høyde. Fisken var rolig og ble derfor ikke bedøvd. Samme person gjennomførte alle undersøkelsene for å minimalisere variasjon i subjektive vurderinger. Det ble benyttet en håndholdt spaltelampe med lupe på 10 x forstørrelse (Heine HSL 150, C-002,14,602). Undersøkelsen ble gjort i mørke omgivelser.

Spaltelampe, Heine HSL 150.

Prosedyren for undersøkelsen var i henhold til Wall og Bjerkås (1999), hvor hvert øye ble gitt en score fra 0-4, hvor 0 = ingen katarakt, 1 = katarakt dekker mindre enn 10 % av linsen, 2 = katarakt dekker 10-50 % av linsen, 3 = katarakt dekker 50-75 % av linsen og 4 = katarakt dekker 75-100 % av linsen.



Summerer en opp får en da en score fra 0-8 per fisk. En score fra 0-2 regnes som mild form for katarakt, 3-4 som moderat og 5-8 som alvorlig. I tillegg ble det registrert om det var katarakt på kun én eller begge linsene siden dette kan gi informasjon om type katarakt.

Overvekt av bilateral katarakt er en indikasjon på at årsaken primært er systemisk (Ersdal et al. 2001; Bjerkås et al. 1996), mens ensidig katarakt er forårsaket av ytre mekaniske påvirkninger.

Vurdering av mulige risikofaktorer:

For hver undersøkte fiskegruppe ble det hentet inn bakgrunnsinformasjon på fisk fra hhv. yngelanlegg (4 stk.) og stamfiskanlegg (4 stk. hvorav 2 stk. kombinert yngel- og stamfisk) og merdbasert lakseanlegg med utsatt rognkjeks (4 stk.). I praksis er det vanskelig å spore historikken på hver fiskegruppe på detaljnivå siden disse nesten alltid består av sorterte og sammenslåtte grupper hvor behandlingen vil være forskjellig. Dessuten var sikkerheten og detaljnivået i bakgrunnsdataene ikke gode nok til en empirisk og statistisk basert sammenstilling.

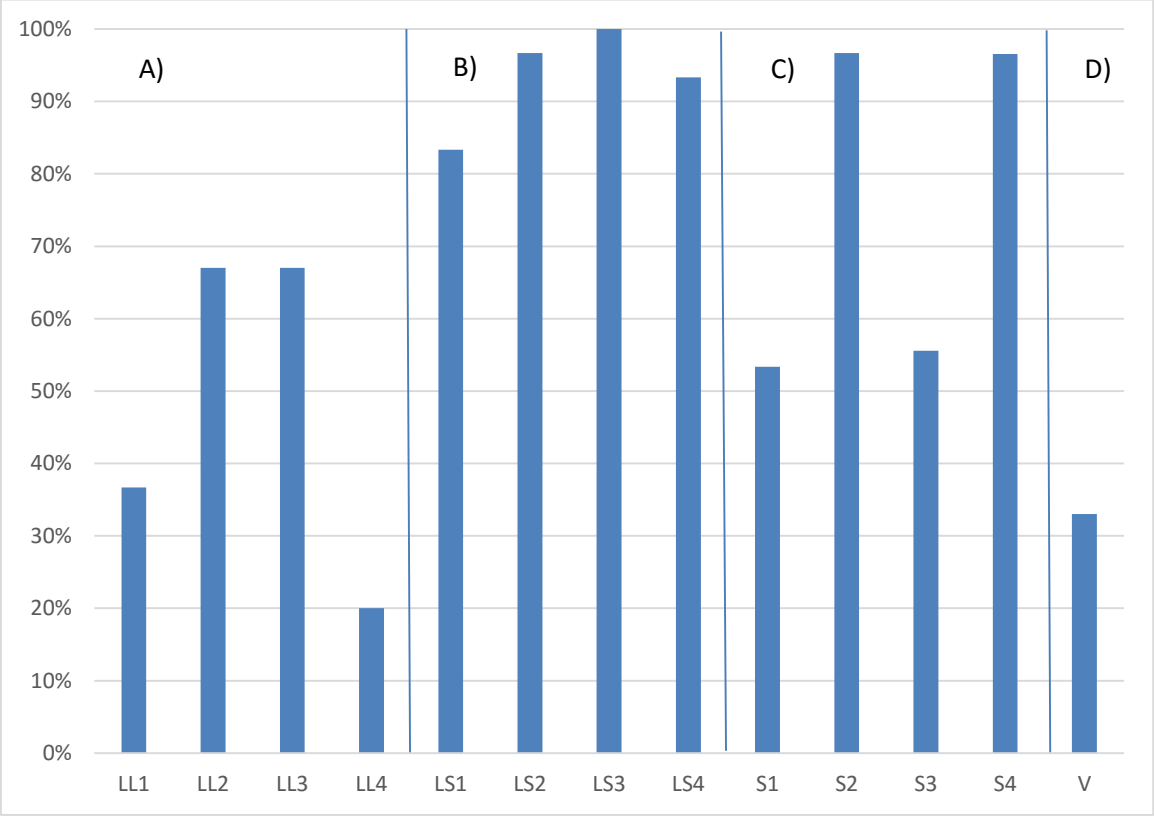
Det ble derfor gjort en subjektiv risikovurdering hvor risikofaktorene ble valgt ut i forhold til at de hadde kjent relevans til katarakt eller kunne forklares i forhold til katarakt basert på andre undersøkelser på fisk beskrevet i vitenskapelig litteratur referert til i denne rapporten (vedlegg kapittel 8.1). Risikoen ble vurdert i forhold til hvor nær sammenheng det var mellom hyppigheten (sannsynligheten) av risikofaktoren og konsekvensen i forhold til katarakt (prevalens og alvorlighetsgrad). Risikoskalaen som ble brukt var: 0 = ingen risiko/ikke relevant, 1 = lav risiko, 2 = moderat risiko, 3 = høy risiko. Hovedhensikten var å identifisere og foreslå prioriteringer av videre undersøkelser av årsakssammenhenger. For nærmere beskrivelse av enkeltfaktorene vurdert se vedlegg, kapittel 8.2.

Statistiske metoder:

Programvaren Statistica™ 12.0 ble benyttet for all statistisk behandling av kataraktdata. Forskjeller i kataraktindeks mellom gruppene (stamfiskrekrutter, stamfisk, rognkjeks i merd) og mellom kjønn ble vurdert statistisk ved bruk av en Kruskall-Wallis ANOVA by rank test etterfulgt av Mann-Whitney test for å finne hvilke grupper skiller seg ut (Mann-Whitney er post hoc test for Kruskal-Wallis ANOVA). Korrelasjoner mellom fiskestørrelse og gjennomsnittlig kataraktindeks ble analysert med en Spearman rank test. Et signifikansnivå på $P<0,05$ er brukt. Alle gjennomsnittsdata er oppgitt med standard feil (± SEM).

4.2 Resultater fra feltundersøkelsen

Det var stor variasjon i andel fisk med katarakt i de undersøkte gruppene av oppdrettet rognkjeks (Figur 1), med en prevalens varierende fra 20 % i gruppe LL4 (leveringsklar yngel i kar, snittvekt 9,1 g, Tabell 1) til 100% i gruppe LS3 (stamfisk i kar, snittvekt 1201 g, Tabell 1). Villfanget rognkjeks (2675 g) hadde en prevalens på 33 % (Figur 1) og relativt lav alvorlighetsgrad med en gjennomsnittlig kataraktindeks på 1,13 (Figur 2).

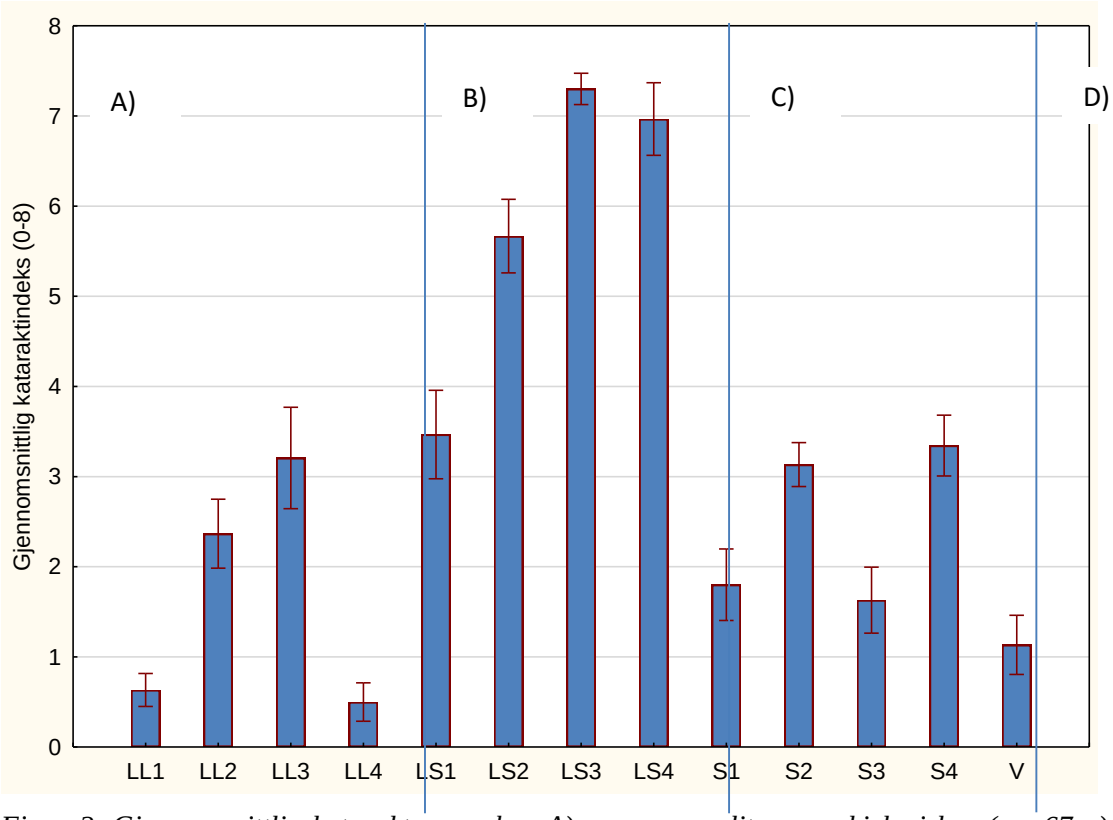


Figur 1. Forekomst av fisk med katarakt (% prevalens) hos A) grupper av liten rognkjeks (9-123 g), B) oppdrettet stamfisk i kar (832-1201 g), C) rognkjeks i sjø (32-169 g) og D) Villfisk (2675 g).

Generelt var det mer alvorlig utvikling av katarakt på stamfisk i kar sammenlignet med liten yngel i kar og rognkjeks i merd (Figur 2). Mellom gruppene av liten yngel i kar var det spesielt stor variasjon, med 3-4 ganger høyere kataraktindeks i de to mest utsatte gruppene (LL2 og LL3). Innad i gruppene med stamfisk og gruppene av fisk i merd var det mindre forskjeller i kataraktindeks (Figur 2).

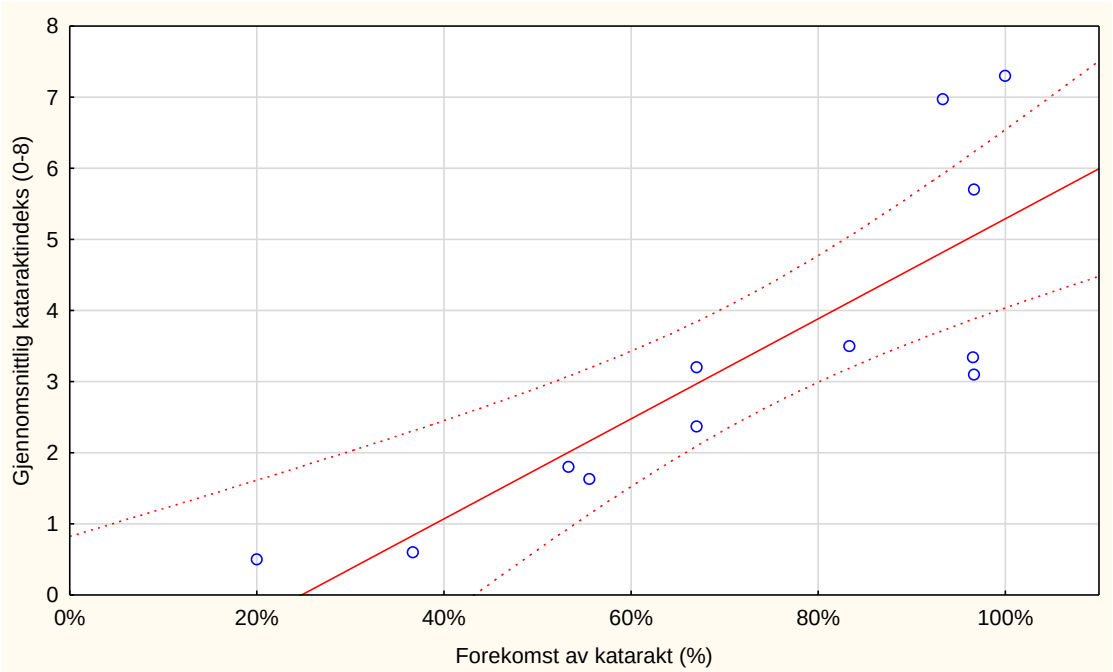
Tabell 1. Sammenstilling av vekt, prevalens og kataraktindeks (SD) for alle fiskegruppene, inkludert villfisk.

Gruppe	LL1	LL2	LL3	LL4	LS1	LS2	LS3	LS4	S1	S2	S3	S4	Vill
Vekt (g)	11	66	123	9	990	1184	1201	831	169	32	100	32	2675
Prevalens	37 %	67 %	67 %	20 %	83 %	97 %	100 %	93 %	53 %	97 %	56 %	97 %	33 %
Indeks (Gj.sn.)	0,60	2,37	3,20	0,50	3,50	5,70	7,30	6,97	1,80	3,10	1,63	3,34	1,13
SD	1,00	2,09	3,03	1,17	2,69	2,23	0,95	2,20	2,17	1,33	1,90	1,90	1,80

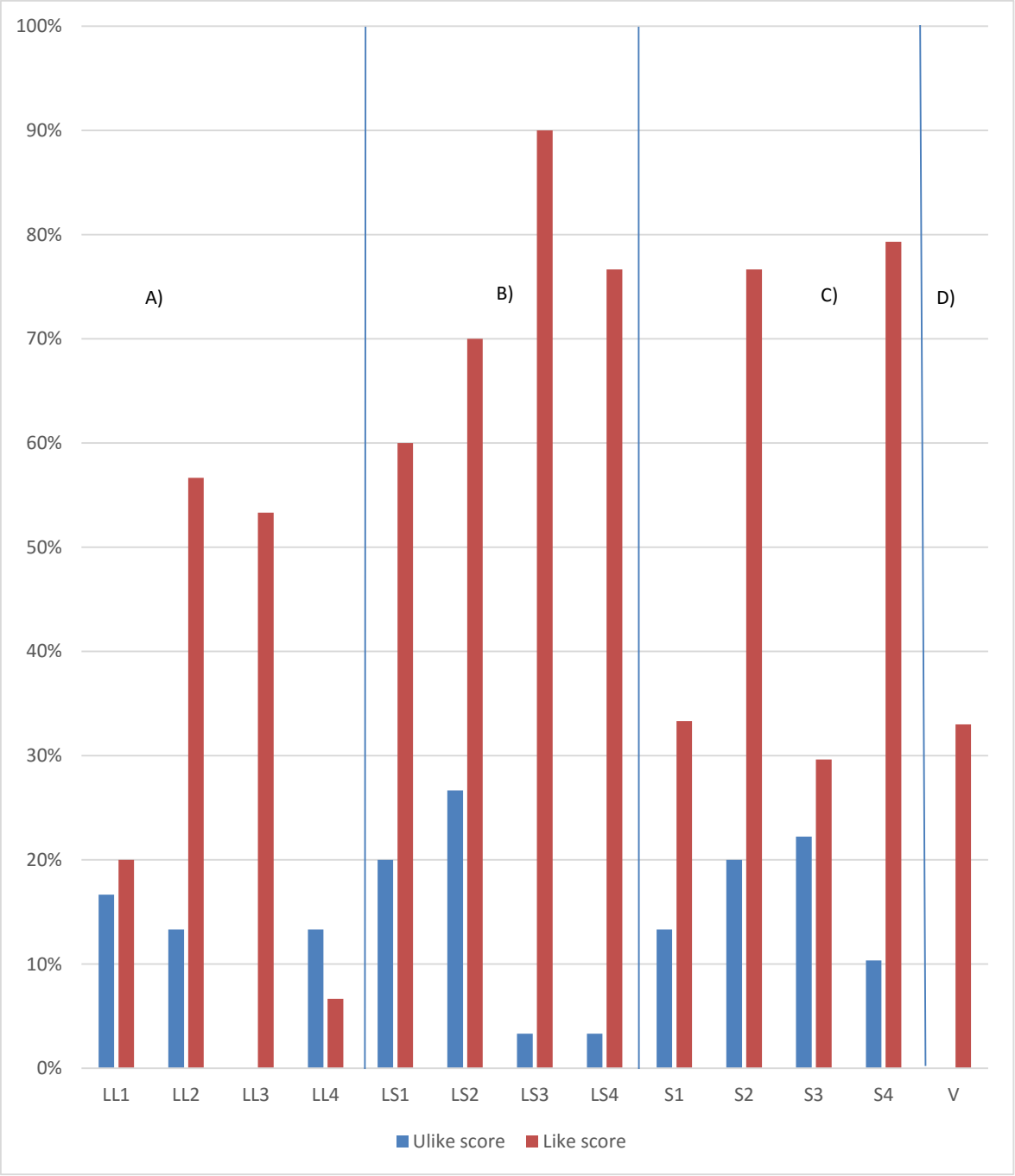


Figur 2. Gjennomsnittlig katarakt-score hos A) grupper av liten rognkjeks i kar (ca. 67 g), B) stor rognkjeks i kar (ca. 1 kg), C) rognkjeks i sjø (ca. 66 g) og D) Villfisk (ca. 2,7 kg). Vertikale linjer på søylene indikerer standard feil (±SEM).

Det var en klar sammenheng mellom forekomst og grad av katarakt (lineær regresjon, r = 0,8283, $p < 0{,}001$, $r^2 = 0{,}686$) hvor alvorlighetsgraden av katarakt økete med økende forekomst (Figur 3).



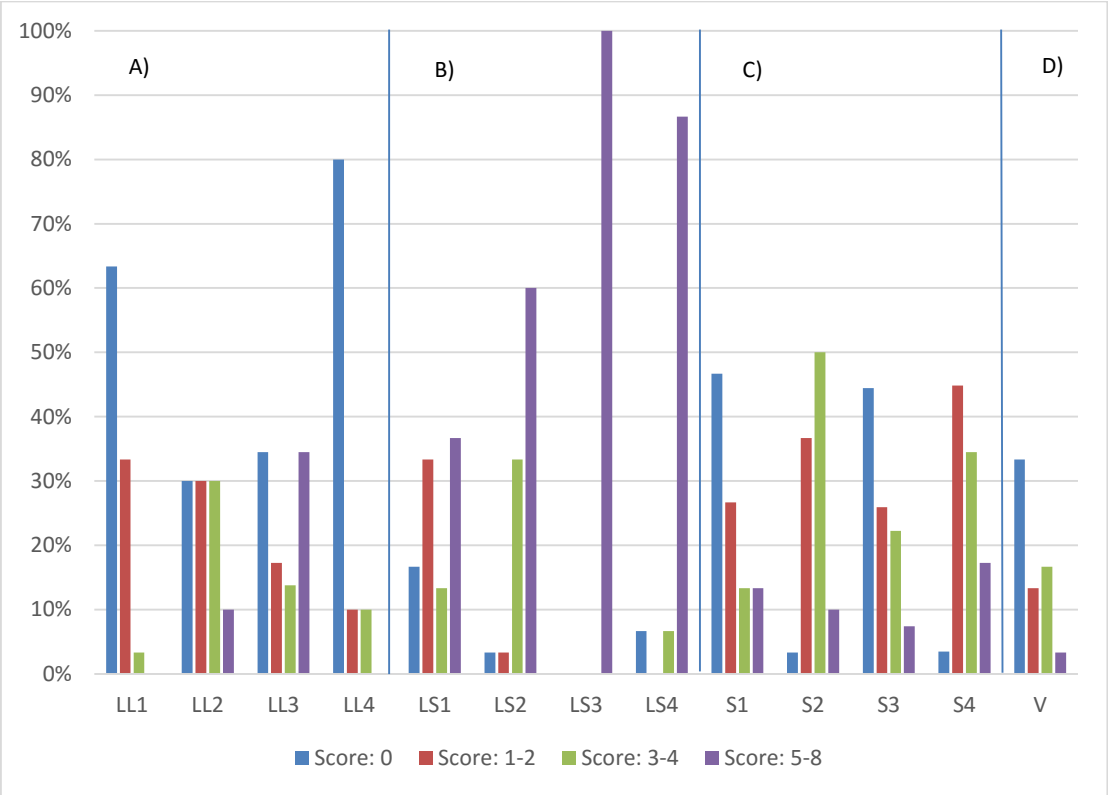
Figur 3. Sammenheng mellom gjennomsnittlig kataraktindeks og forekomst av katarakt hos 12 forskjellige grupper av rognkjeks i oppdrett. Stiplet linje indikerer 95% konfidensiellintervall.



Figur 4. Fordeling mellom linser med lik og ulik kataraktscore på de forskjellige anleggene hos A) grupper av liten rognkjeks i kar (ca. 67 g), B) stor rognkjeks i kar (ca. 1 kg), C) rognkjeks i sjø (ca. 66 g) og D) Villfisk (ca. 2,7 kg).

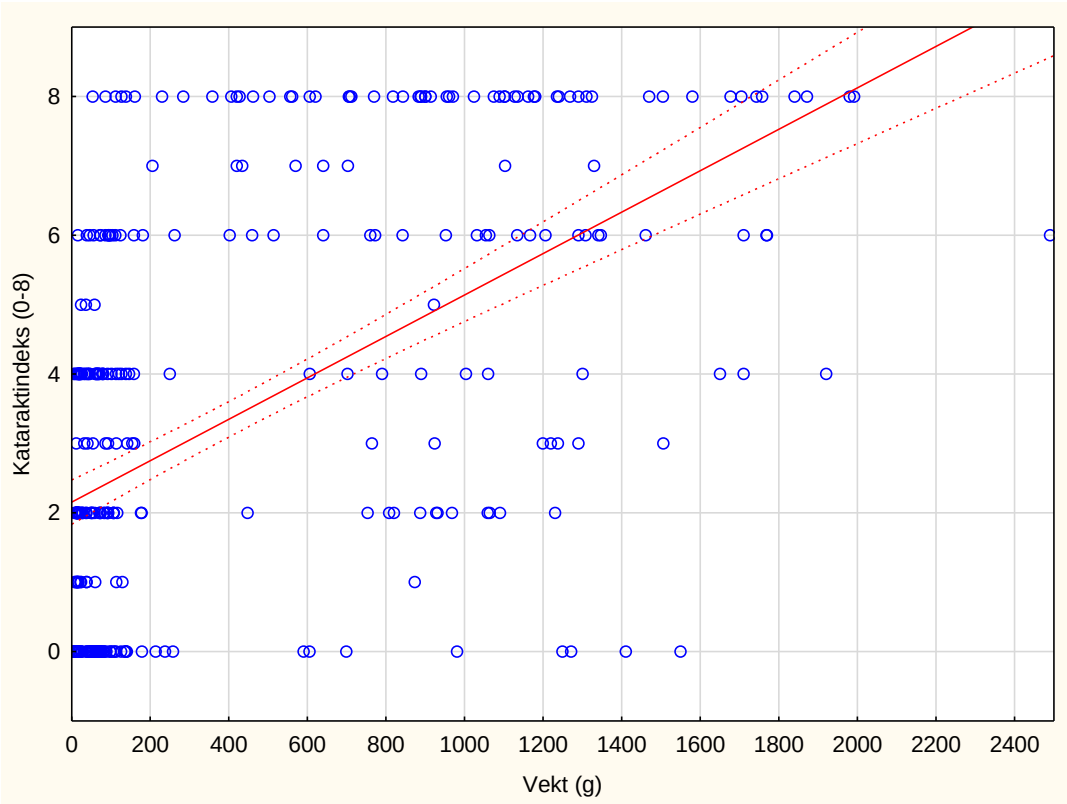
Fordelingen av fisk innenfor hver gruppe som har øyne med ulike katarakt-score (katarakt på kun ett øye eller øyne med ulik grad av katarakt) og fisk med lik score mellom øynene (Figur 4) viser at fisk med lik score dominerer på de fleste anleggene. Overvekt av øyne med lik score er en indikasjon på at årsaken til katarakt primært er systemisk (indre ubalanse i fisken, f.eks. ernæring), mens ulik score mellom øynene indikerer at mekaniske påvirkninger på øynene gjerne fra friksjon eller riper/sår på øyet (cornea) også har spilt inn, enten alene (der en har katarakt kun på ett øye) eller i kombinasjon med systemiske årsaker der begge øynene har katarakt, men av forskjellig grad.

Variasjonen i kataraktindeksen mellom fiskegruppene (Figur 5) vise at det kun er to grupper, begge representert med den aller minste yngelen, LL1 (11,3g) og LL4 (9,1g), som står i hhv. kar og påvekst i merd, som ikke har fisk med kataraktindeks på 5 eller høyere (alvorlig grad av katarakt). Stamfisk av rognkjeksen i kar hadde høyest forekomst av katarakt med score på 5-8, hvor denne andelen varierte fra ca. 35 % (LS1) til 100 % (LS3). Blant liten yngel var graden av alvorlig katarakt 10 % eller mindre og for rognkjeks utsatt i laksemerd varierte andelen alvorlig katarakt fra ca. 3-18 %.

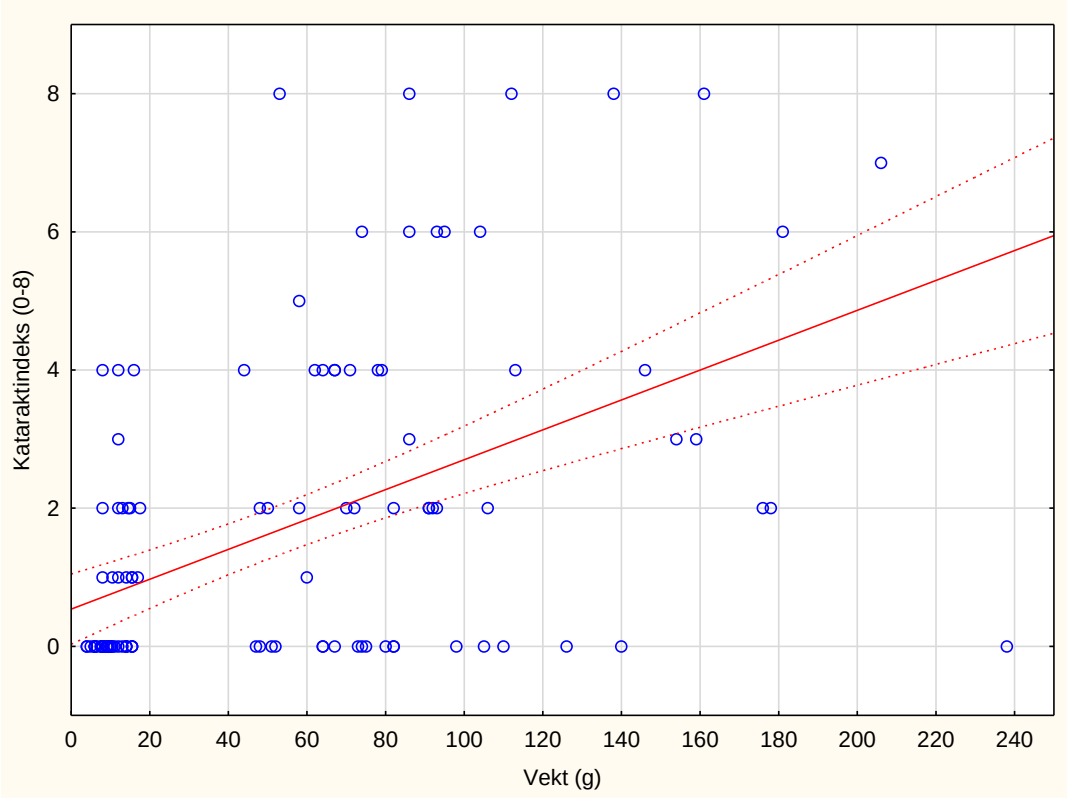


Figur 5. Fordeling av kataraktindeks hos A) grupper av liten rognkjeks i kar (ca. 67 g), B) stor rognkjeks i kar (ca. 1 kg), C) rognkjeks i sjø (ca. 66 g) og D) Villfisk (ca. 2,7 kg).

Sammenhengen mellom vekt og kataraktindeks er vist i Figur 6 hvor alle individene fra alle de undersøkte gruppene ble slått sammen. Her økte kataraktindeksen med økende størrelse (Lineær regresjon, $r = 0{,}5475$, $p < 0{,}001$, $r^2 = 0{,}2997$).

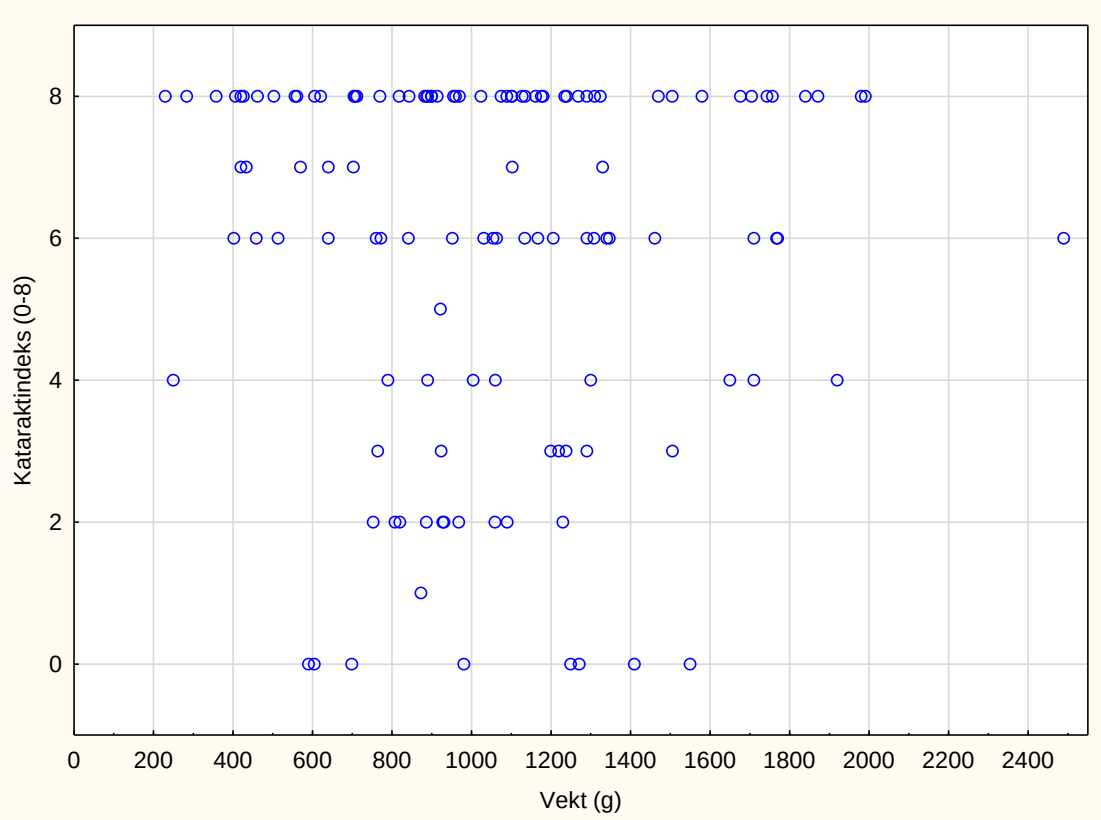


Figur 6. Sammenheng mellom vekt og kataraktindeks basert på sammenslåtte data fra 12 grupper rognkjeks. Stiplet linje indikerer 95% konfidensintervall.



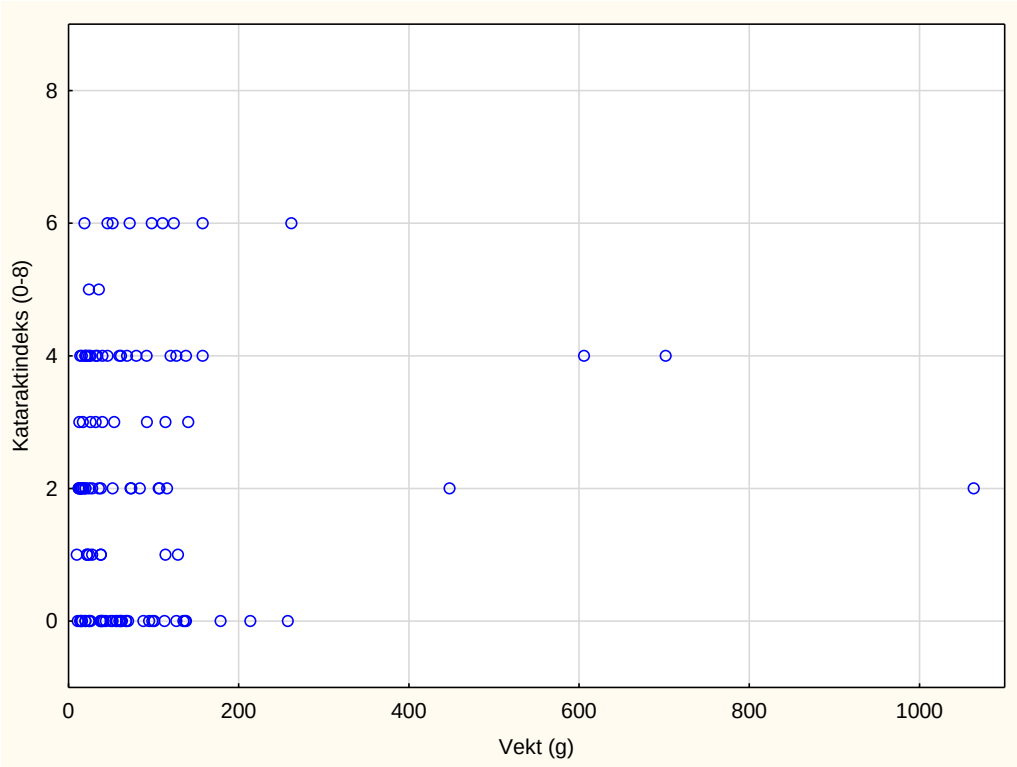
Figur 7. Sammenheng mellom vekt og kataraktindeks hos liten rognkjeks i kar (ca. 67 g), basert på fire sammenslåtte grupper (LL1, LL2, LL3, LL4). Stiplet linje indikerer 95% konfidensintervall.

Samme forhold ble observert isolert sett for liten fisk i kar (Figur 7) hvor det ved sammenslåing av alle gruppene var stor individuell variasjon i kataraktindeks og en klar samvariasjon med størrelse (lineær regresjon, $r = 0{,}4949$, $p < 0{,}001$, $r^2 = 0{,}2449$) der den største fisken generelt var mer utsatt for katarakt. Dette kan være knyttet til vekst der rasktvoksende fisk er mer utsatt for å utvikle katarakt.



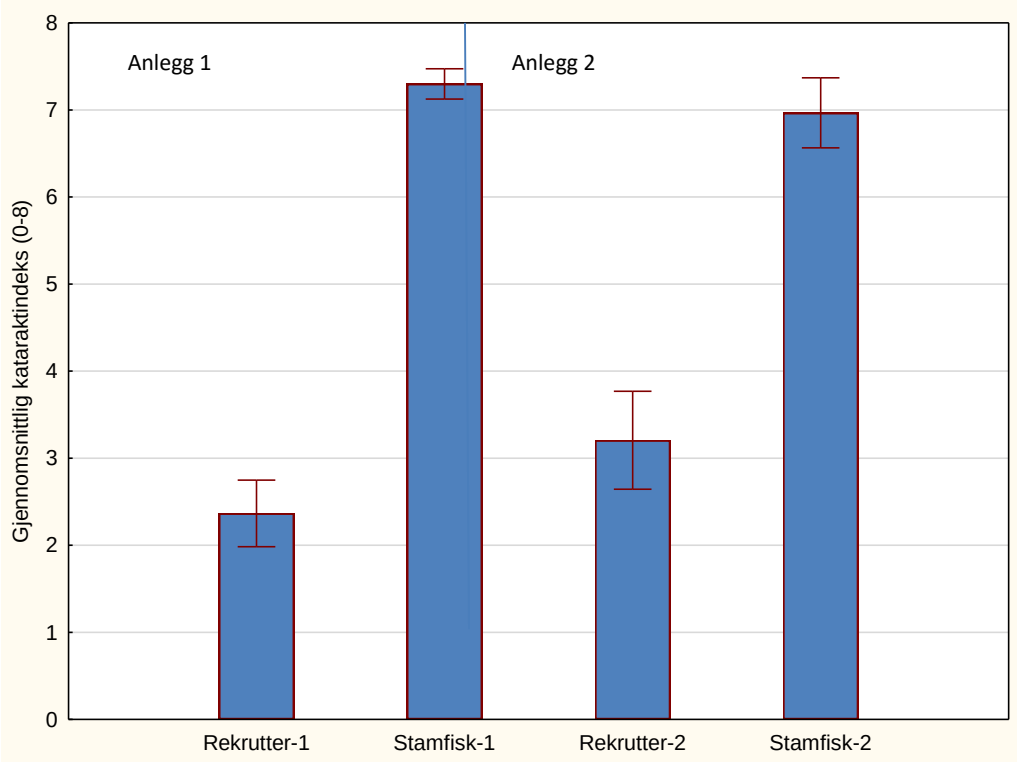
Figur 8. Sammenheng mellom vekt og kataraktindeks hos stor rognkjeks (stamfisk) i kar (ca. 1 kg), basert på fire sammenslåtte grupper (LS1, LS2, LS3, LS4).

Ser en isolert sett på stor fisk i kar (stamfiskgrupper) var denne størrelsesrelasjonen fraværende, sannsynligvis pga. liten variasjon i kataraktindeks fordi de aller fleste individene allerede hadde utviklet maksimal grad av katarakt (Figur 8).



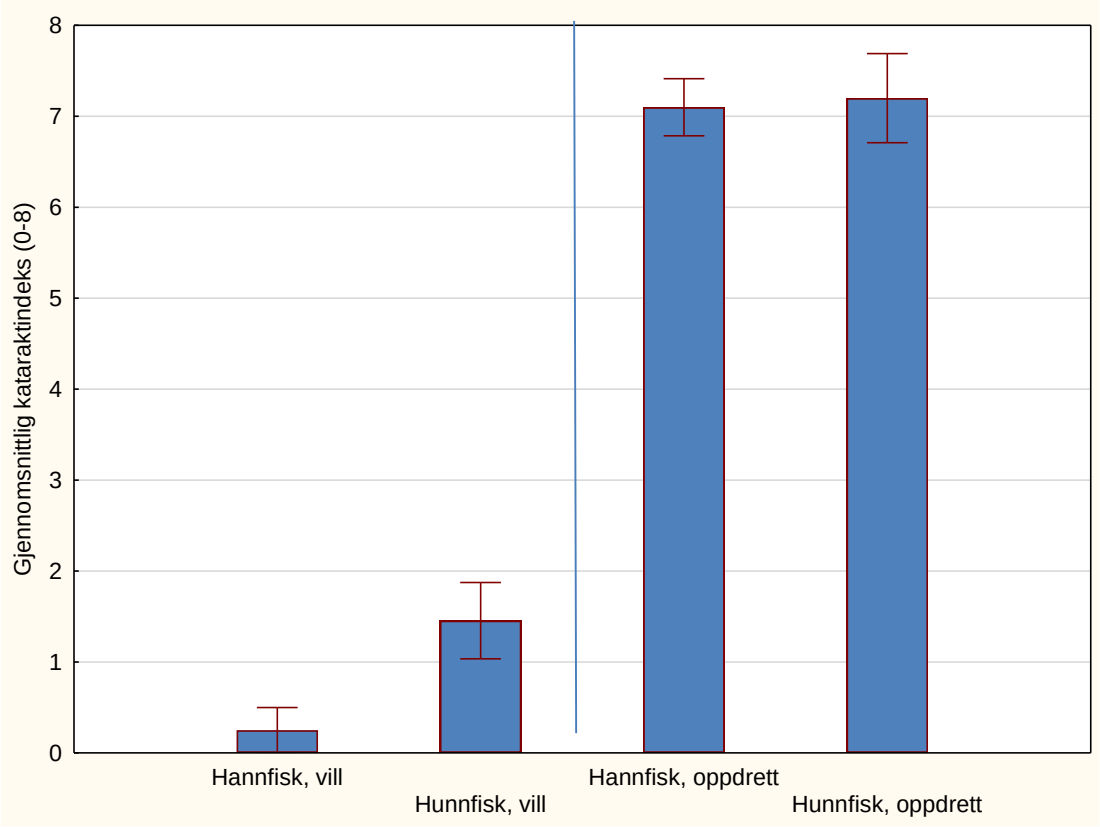
Figur 9.Sammenheng mellom vekt og kataraktindeks hos rognkjeks utsatt i laksemerd for avlusing (ca. 66 g), basert på fire sammenslåtte grupper (S1, S2, S3, S4).

I laksemerdene varierte kataraktindeksen mellom 0 og 6 og det var ingen sammenheng mellom vekt og kataraktindeks (Figur 9).



Figur 10. Forskjeller i gjennomsnittlig kataraktindeks (±SEM) hos liten (stamfiskrekrutter) og stor oppdrettet stamfisk av rognkjeks fra to forskjellige anlegg.

Samme forhold mellom katarakt og fiskestørrelse fikk en mulighet for å analysere på to anlegg hvor en analyserte både en gruppe av liten yngel og stor fisk (stamfisk), og på den måten sammenligne fisk under relativt like betingelser. En vil indirekte også få en indikasjon på hva tid i oppdrett har å bety for kataraktutviklingen. Analysene (Kruskal Wallis ANOVA) viser en signifikant forskjell ($p < 0,05$) i katarakt mellom grupper av stor og liten rognkjeks i begge de to anleggene (Figur 10).



Figur 11. Kjønnsspesifikke forskjeller i gjennomsnittlig kataraktindeks (±SEM) hos grupper av kjønnsmoden villfisk og oppdrettet stamfisk av rognkjeks.

For gruppen med villfisk og en av gruppene med stor fisk i kar (oppdrettet stamfisk, gruppe LS3) var det gyteklar fisk slik at en kunne identifisere kjønn basert på forskjeller i gytedrakt. I gruppen med villfisk var det signifikant høyere kataraktindeks på hunnfisk (Kruskal Wallis ANOVA, $p < 0,05$) sammenlignet med hannfisk (indeks på hhv. 1,5 og 0,3). Det var ingen kjønnsforskjeller i kataraktutvikling på oppdrettet stamfisk (Figur 11). For begge gruppene var hunnfisken størst, 3260 g (SD ±529 g) for villfisk og 1780 g (SD ± 818 g) for oppdrettsfisk, mens gjennomsnittsvekten for hannfisk var hhv. 1065 g (SD ±529 g) og 1505 g (SD ±353 g) for vill- og oppdrettet rognkjeks.

4.3 Diskusjon av data fra feltundersøkelsen

Feltdataene indikerer stor variasjon i forekomsten av katarakt hos rognkjeks, men jevnt over høy forekomst hos oppdrettet stamfisk og stamfiskrekrutter. En stor del av anleggene med slik fisk var representert i undersøkelsen. Av de 12 gruppene med oppdrettet rognkjeks hadde halvparten en prevalens mellom 80-100 %. Kun en gruppe hadde under 20 % prevalens. Villfisk hadde en prevalens på 33 %. Også andre rapporter viser at forekomsten av katarakt hos fisk i oppdrett varierer, men kan være høy i enkelte grupper. F.eks. viste en undersøkelse av totalt 79 undersøkte grupper fordelt på fem laksearter at forekomsten av katarakt varierte fra 0 til 100 % hvor kun 6 grupper var uten katarakt (Peuhkuri et al. 2009). Høy prevalens ble også funnet i en

undersøkelse av 51 grupper av laksesmolt (Ersdal et al. 2001) hvor det ble observert 83 % og 79 % prevalens på hhv. vår- og høstutsatt smolt. Årsakssammenhengene i disse eksemplene var relativt klare, i motsetning til hva som er tilfelle for rognkjeks.

Det mest bekymringsfulle i undersøkelsen er den høye forekomst av alvorlig katarakt (score >5), spesielt hos gyteklar oppdrettet stamfisk. Gyteklar villfanget rognkjeks hadde til sammenligning mindre alvorlig katarakt, selv om den var betydelig større (og sannsynligvis eldre). Dette tyder på at katarakt hos oppdrettet rognkjeks er knyttet til sub-optimale forhold i oppdrettsmiljøet eller ernæring. Kataraktindeksen varierte ellers fra lav (gjennomsnittsscore på < 2) i over halvparten av gruppene, men med individer med alvorlig katarakt (score > 5) i 10 av 12 grupper.

Omfang og grad av katarakt så ut til å øke med størrelse og tid i oppdrett, noe som også er observert hos andre oppdrettsarter. For arktisk røye (*S. alpinus*) var problemet større hos stamfisk (Peuhkuri et al. 2009), og hadde sammenheng med lengre eksponering for parasitter og øyeskader generelt som ga katarakt. Hos den undersøkte rognkjeksen så øyeskader og sår ut til å være mer vanlig på oppdrettet stamfisk (alder 1-2 år) enn mindre yngel og stamfiskrekrutter (alder ca. 6-12 mnd.). Det ble ikke undersøkt for parasittinfeksjoner, og denne risikoen avhenger av vannbehandling på anleggene. Det er registrert ni arter encellede parasitter hos oppdrettet rognkjeks (Karlsbakk et al. 2014), hvorav en art, mikrosporidien *Nucleospora cyclopteri*, kan være problematisk. Et symptom er bl.a. utstående øyne.

Det var klare kjønnsforskjeller i utviklingen av katarakt hos villfisk hvor hunfisken hadde mer alvorlig katarakt. Hos oppdrettet gytemoden stamfisk var det ingen slike forskjeller. Alvorlig katarakt er vist å kunne påvirke kjønnsmodning hos oppdrettet regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*), hvor kjønnsmodningen hos hunnfisken var forsinket som en konsekvens av høy kataraktstatus (Kuukka et al. 2010). På samme måte som for regnbueørret er hunnfisk av rognkjeks eldre og større når den gyter, og har derfor risiko for lengre eksponeringstid for faktorene som kan bidra til å utvikle katarakt. Data fra islandske forskningsfangster tyder at hannfisken (rognkallen) kjønnsmodner ett år tidligere enn hunnfisken (pers med. James Kennedy, Hafro, Island). Hunnfisk har også en betydelig større kostnad knyttet til eggproduksjon hvor energi og essensielle næringsstoffer prioriteres til gonadeoppbygging, samtidig som immunforsvaret ofte svekkes på gytemoden fisk. Dette kan tenkes å bidra til økt risiko for å utvikle katarakt, spesielt hos gytemoden hunnfisk. Hos den oppdrettede stamfisken var katarakten utviklet for langt til at en kunne avdekke eventuelle kjønnsspesifikke variasjoner.

Undersøkelsen viser forekomst av fisk med både lik og ulik kataraktscore på linsene, hvor lik score på begge linsene indikerer en systemisk årsak (for eksempel relatert til ernæring) mens fisk med ulik score mellom linsene indikerer at en lokal ytre påvirkning (erosjon og sår på cornea) har medvirket til blakking av linsen (alene eller sammen med systemiske årsaker). Håndtering, oppdrettsmiljøet (tetthet og kontakt med andre individ og not/karvegg) og sosiale interaksjoner er derfor en mulig forklaring på noe av den observerte katarakten, i tillegg til sub-optimale ernæring- og miljøforhold.

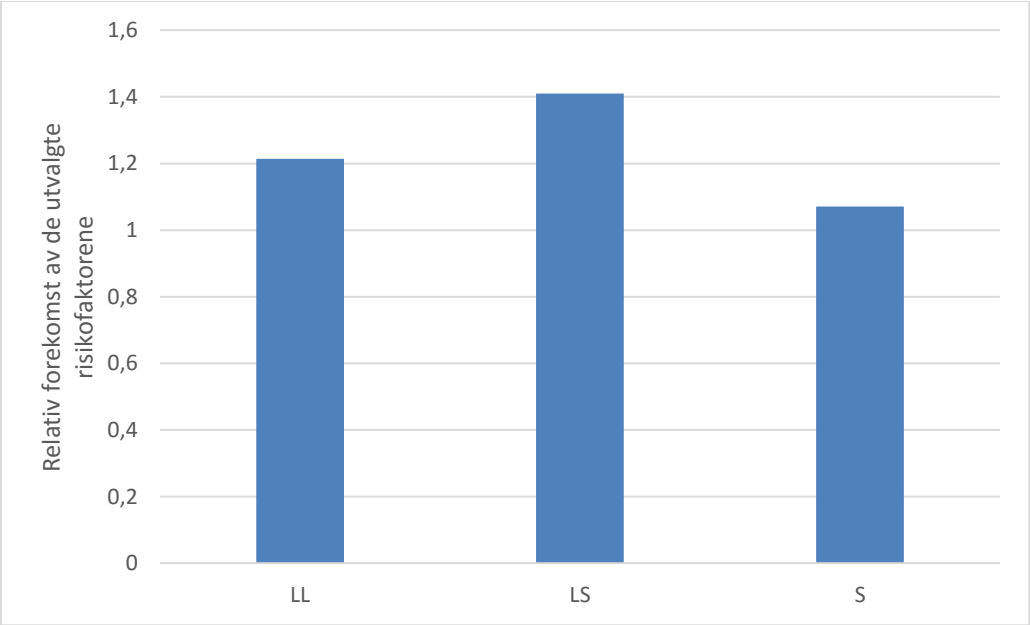
4.4 Vurdering og diskusjon av risikofaktorer for katarakt

Utvalg og rangering av de potensielle risikofaktorene var basert på vurdering av muligheten for påvirkning på katarakt (Tabell 2), basert på kunnskap fra andre arter og referert til i vitenskapelig litteratur. Et kort litteraturstudie og diskusjonsgrunnlag for faktorer som kan spille inn på kataraktutvikling hos fisk er gitt i vedlegg kapittel 8.1. Nytteverdien er å foreslå og prioritere områder og faktorer i produksjonen som kan være verdt å undersøke nærmere i forhold til betydning for katarakt.

Tabell 2. Subjektiv vurdering av de forskjellige risikofaktorene vurdert i forhold til katarakt, gradert (0-3): 0=ingen forekomst/påvirkningsmulighet, 1=lav forekomst/påvirkningsmulighet, 2=middels forekomst/påvirknings-mulighet, 3=høy forekomst/påvirkningsmulighet. De 12 gruppene av rognkjeks er: (LL: liten rognkjeks (ca. 67 g), LS: stor rognkjeks i kar (ca. 1 kg), S: rognkjeks utsatt i laksemerd (ca. 66 g).

Gruppe	**LL1**	**LL2**	**LL3**	**LL4**	**LS1**	**LS2**	**LS3**	**LS4**	**S1**	**S2**	**S3**	**S4**	**Snitt**
Andel fisk med katarakt	**37 %**	**67 %**	**67 %**	**20 %**	**83 %**	**97 %**	**100 %**	**93 %**	**53 %**	**97 %**	**56 %**	**97 %**	
	Gradering av de vurderte risikofaktorene												
Håndtering av fisk	2	2	1	2	3	3	3	1	3	3	2	3	2,3
Veksthastighet	3	2	3	2	3	2	2	3	1	1	1	1	2,0
Fiskehelse generelt	2	2	1	3	2	2	2	1	3	1	2	3	2,0
Salinitet og variasjon i salinitet	1	3	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1,5
Erosjon og sårskader	0	0	1	0	3	3	3	1	2	0	0	3	1,3
Temperaturregime og stabilitet	2	1	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1,3
Spyling av nøter	0	0	0	3	0	0	0	0	3	2	2	3	1,1
Lysregime og lysintensitet	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0
Fôr og fôringsrutiner	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,0
UV-behandling, plassering UV	2	1	2	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0,9
Formalinbehandling	0	3	1	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0,8
Risiko for høy CO2, relatert til tetthet og vannforbruk	1	1	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0,8
Oksygenering	1	1	1	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0,8
Temperaturoverganger ved utsett i sjø	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	1	0,5

De generelle trekkene viser at de utvalgte risikofaktorene er flere og mer fremtredende i stamfiskanlegg (LS) sammenlignet med rognkjeks utsatt i laksemerder (S) og yngel i kar (LL, Figur 12).



Figur 12. Relativ forekomst av de 14 utvalgte og graderte risikofaktorene for yngel i kar (LL), stamfisk i kar (LS) og rognkjeks i laksemerd (S).

Forhold knyttet til håndtering av fisk kom generelt for alle fiskegruppene opp som en betydelig risikofaktor med klar påvirkning på utvikling av katarakt. Det var klare tendenser til at anlegg med mye sår og erosjon også hadde kataraktproblemer, og det ble rapportert fra flere oppdrettere at utvikling av slike skader er et generelt problem spesielt hos stor rognkjeks. Håndteringsrisikoen ble i undersøkelsen vurdert spesielt høy i grupper med stamfisk (LS1, LS2, LS3), og generelt økte den ettersom fisken ble utsatt for mer håndtering (stor stamfisk og rognkjeks utsatt i merd). Risikoen ble også vurdert som høy fordi omfanget (hyppigheten) og antall type behandlinger av rognkjeks var høy der det var høy forekomst av alvorlig katarakt. Eksempler på registrerte former for håndtering er mageskyllinger for å beregne lusespiseaktiviteten hos rognkjeks, rognkjeks som følger med dødfiskhåven, sortering og flytting av fisk (vanligvis med håv) mellom kar i yngelfasen, og stamfisk som håndteres i forbindelse med observasjon av gytestatus og stryking.

Veksthastighet ble vurdert som en betydelig risikofaktor basert på kunnskap fra andre arter som viser at hurtigvoksende fisk ofte har større risiko for å utvikle katarakt enn seintvoksende fisk. Det er vanskelig å isolere denne faktoren fra temperatur siden temperatur inntil et visst maksimum styrer vekstraten, og denne samvariasjonen så vi til en viss grad også i våre data. Spesielt ble dette vurdert som en risikofaktor i yngelproduksjonen hvor en ofte har oppvarmet vann og god vekst, samtidig som både temperaturoptimum og vekstpotensialet er større for liten fisk. I startfôringsfasen ble det rapportert om spesifikke vekstrater (SGR) opptil 10 % per dag, og i yngelfasen på moderate temperaturer på ca. 8 °C ble det rapportert om vekstrater på minimum 3-4 % per dag (LL3). LL3 hadde for øvrig høyest forekomst og grad av katarakt blant de undersøkte yngelgruppene.

Fiskehelse generelt var vurdert som dårligere i anlegg med mye katarakt. Vurderingen var basert på overlevelse, sykdomshistorikk og bruk av antibiotika. Spesielt for stamfisk og en av gruppene satt ut i laksmerd (S4) var det høy alvorlighetsgrad og forekomst av katarakt i grupper med generelt dårlig fiskehelse. Det var noe variasjon i dette bildet, og det kan se ut som grupper som scorer dårlig på fiskehelse, men bra på erosjon og sårskader kom greit ut i forhold til katarakt. Årsaken til dårlig fiskehelse kan derfor ha en betydning.

Erosjon, sår og skader hadde stort sett sammenheng med generell fiskehelse (miljørelatert?), og katarakt var ofte problematisk der en observerte sårskader og finneerosjon. Oversikt over sår og lyter på fisken er gitt i vedlegg, kapittel **Error! Reference source not found.**. Slike sår og lyter oppstår sannsynligvis som en følge av andre risikofaktorer som er vurdert (håndtering og vannkvalitet), men kan også være resultat av sosiale interaksjoner/aggresjon knyttet til adferd og evt. påvirket av fôring, kjønnsmodning og andre miljøforhold. Håndtering av fisk er nok likevel den primære årsaken til dette problemet, og er igjen spesielt høy i tre av gruppene med stamfisk (LS1, LS2, LS3). Stamfisk utsettes generelt for mye håndtering og det blir påvist mye sår og finneerosjon. Både omfang og alvorlighetsgrad av katarakt var også størst for stamfisk (Figur 1, Figur 2). Også for rognkjeks satt ut i laksemerder var det i to grupper høy andel med erosjon og sår (S1 og S4). For S1 kan dette være knyttet til at anlegget hadde fem avlusninger og mye utgang på rognkjeksen (innsett av rognkjeks i den undersøkte merden tre ganger). For S4 kan dette være knyttet til at det var hyppig prøvetaking og mageskylling av rognkjeks samt utbrudd av atypisk furunkulose. Risikoen med omfattende skinnerosjon og sår i forhold til utvikling av katarakt ble vurdert som høy basert på risikoen for bla. osmotisk stress. Erosjon av cornea kan også føre til osmotiske forandringer i øyet, som kan resultere i irreversibel katarakt. Generelt kan en forvente økte problemer med katarakt der en har erosjon (slitasje) på hud og øyne, og utvikling av sår.

Salinitet og variasjon i salinitet kom opp som en overraskende klar risikofaktor i forhold til katarakt, men knyttet til spesifikke anlegg. Salinitet var vanligvis stabil i de undersøkte anleggene (normalt sjøvann, 33-34 ppt), men i ett anlegg, hvor forekomsten og

alvorlighetsgraden av katarakt var høy ble det benyttet ferskvann for behandling mot Gyrodactylus på yngel (LL2) og stamfisk (LS3). I et annet anlegg var yngelen (gruppe LL3) produsert på lav salinitet. Denne gruppen hadde høyest forekomst og alvorlighetsgrad av katarakt blant yngelgruppene (Figur 1 og Figur 2). Salinitet bør derfor undersøkes nærmere som risikofaktor for utvikling av katarakt.

Temperatur kan påvirke utvikling av katarakt direkte gjennom økt stress eller gjennom stimulering til økt vekst. Spesielt høye temperaturer, men også stabile og gode temperaturer for vekst blir vurdert som risikabelt for utvikling av katarakt siden fisken er mer utsatt for utvikling av katarakt etter en hurtigvekstfase. Lave stabile temperaturer vurderes som tilsvarende gunstige. Brå temperaturoverganger kan også øke risikoen for utvikling av katarakt. Gruppene som ble undersøkt ble produsert under stabile og ofte kontrollerte temperaturbetingelser, og gruppene som ble overført til laksemerder ble utsatt for svært små temperaturendringer. De undersøkte gruppene hadde derfor jevnt over en relativt moderat temperatur og stabil temperaturhistorikk. Ett unntak var gruppe LL4 som ble satt ut i yngelanlegg i sjø på ca. 14 °C ved ca. 1,4 g, hvor det var lav prevalens av katarakt. En klarere sammenheng mellom temperatur og katarakt ble observert på stamfiskgruppen LS4 som hadde svært gode og stabile temperaturbetingelser som stimulerte til rask vekst.

Lysintensitet hadde sannsynligvis liten innvirkning på variasjonen i katarakt observert i våre undersøkelser siden denne varierte lite, men det betyr ikke at lysintensitet ikke kan være en stressfaktor. Intensiteten var jevnt over lav i alle anlegg, bortsett for fisk i sjø hvor perioder med kraftig soleksponering forekom. Fotoperiode kan ha betydning i den grad det styrer veksthastighet og kjønnsmodning samt risikoen for kronisk stress ved kontinuerlig lys, og kan på den måten spille inn som en risikofaktor.

Fôr og fôringsrutiner viste liten variasjon mellom anleggene og en hadde derfor begrensete forutsetninger for å vurdere betydningen av dette. Det var ikke registrert avmagret fisk i noen av gruppene. Alle anleggene hadde godt fokus på fôr og fôring, og det var noe utprøving av forskjellige fôrtyper, spesielt for startfôring. Det meste av fôret benyttet var fôr utviklet for torsk og andre marine arter, med høyt innhold av proteiner. Betydningen av ernæring vil bli fulgt opp av NIFES gjennom analyser av innsamlede prøver av linser, muskel og hjerte fra alle gruppene undersøkt samt fôrprøver.

UV-lys kan være en risiko direkte (via sollys) eller indirekte (via UV-lampe). Effekt av UV har for andre arter vært diskutert som risikofaktor for katarakt. For en gruppe (LS1) var det vurdert potensiell høy risiko for indirekte effekt av UV gjennom oksidativt stress fra ozon og evt. frie radikaler fordi enkelte yngelkar sto nærme (2 m røravstand) fra UV. I denne gruppen var det observert mye katarakt.

Dirkete eksponering for sterkt sollys over tid kan potensielt gi påvirkning fra UV på fisk i merd. I gruppe S1 var det satt ut rognkjeks i laksemerd på tre ulike tidspunkt slik at det var en spredning i størrelse og alder, samt forskjeller i hvor lenge fisken hadde stått i sjø. Her var det en størrelsesrelatert variasjon i katarakt som kan være knyttet til hvor lenge fisken hadde stått i sjø. UV-eksponering fra sollys er en av miljøfaktorene som varierer med tid i sjø og dermed kan gi akkumulert effekt over tid.

Spyling av nøter skjedde hyppig i flere merdanlegg og ble vurdert som en faktor med mulig påvirkning på fisken ved at høytrykkstråler av vann treffer rognkjeks, som gjerne beiter på nøter og svømmer langs notveggen. En kan da tenke seg at en spyler vekk slimlag og ytterhud som seinere kan utvikles til sår. Dette kan både påføre osmotisk stress og være en innfallsport for infeksjoner. Vannstrålen kan også gi rifter på øyet (cornea) og gi osmotisk ubalanse på linsen som utvikles til katarakt. Spyling av nøter kan også gi en periodevis miljøbelastning ved at groe og partikler fra nota spyles inn i merden og belaster spesielt gjellene på fisken. Der forekomsten

av denne faktoren ble vurdert spesielt høy var det hyppige spylinger, som ofte kom opp i ukentlige spylinger, spesielt seinsommers og høst. I noen av gruppene i sjø (S1 og S4) så en at erosjon og sår økte og den generelle fiskehelsen ble vurdert som dårligere der vurderingen av risiko knyttet til spyling av nøter var høy. Betydning av denne faktoren generelt var vurdert som liten siden denne kun forekommer i merd. Det var heller ingen klar sammenheng mellom forekomst av katarakt og hyppig spyling av nøter. For eksempel hadde LL4 hyppig spyling av nøter og lav forekomst av katarakt.

Risiko for høy CO_2 og oksygenering ble vurdert som faktorer med lav risiko i forhold til å påvirke kataraktutviklingen. Dette skyldes ikke at det ikke er en potensiell risikofaktor med disse miljøkriteriene, men ingen av anleggene rapporterte om forhold som ble vurdert å kunne gi risiko knyttet til høy tetthet, høy O_2 og høy CO_2 (faktorer som ofte er sammenfallende). Det er meget mulig at denne risikoen er underrapportert og undervurdert. Erfaringsmessig er det ikke uvanlig med begrensninger i karvolum og vann i siste produksjonsfase og i påvente av levering, en fase hvor rognkjeksen fremdeles har god vekst på relativt lave temperaturer og derfor er vanskelig å "holde igjen". Dessuten er det svært begrenset kunnskap om vannkvalitetskrav (toleransegrenser) for rognkjeks.

Formalinbehandling ble vurdert som en risikofaktor fordi den er en svært vanlig behandlingsform mot sår hos rognkjeks, spesielt i yngel- og stamfiskfasen, men med uviss effekt og varighet. Behandlingen skjer hyppig i enkelte anlegg og medfører både håndtering av fisken, stress og sannsynligvis midlertidig påvirkning av slimlag og muligens øye (cornea). Formalin denaturerer protein, og erosjon og sår som oppstår på cornea under trengning kan tenkes å gi innpass av formalin og påføre skader i øyet. Det er lite kunnskap om dette, og bruken av denne behandlingsformen kan vel så gjerne være et symptom på uspesifikke miljøproblemer i anlegget, spesielt i yngel- og stamfiskanlegg. Gruppe LL2 og LS1 hadde høy forekomst av katarakt (hhv. 60% og 80%, Figur 1) og samtidig størst hyppighet av formalinbehandling. Selv om formalinbehandling ble rangert lavt som viktig risikofaktor generelt, ble den i enkelte anlegg for yngel og stamfisk vurdert som en betydelig risikofaktor.

Temperaturoverganger ved utsett i sjø viste liten variasjon og hadde små temperatursprang. Det ga derfor begrenset mulighet til å vurdere effekten av variasjonen i denne faktoren i forhold til katarakt.

5 Delrapport 2: Utvikling av katarakt hos 9 familiegrupper av lusespisende rognkjeks

Hos laksefisk, som er avhengig av synet på samme måten som rognkjeks for å finne mat, er det vist at blakking av linsen reduserer evnen til å finne mat (Savino et al. 1993) og evnen til å konkurrere om mat (Barber et al. 2000). Dårlig syn kan også påvirke næringssammensetningen dersom visse fôrorganismer/typer er enklere å oppdage og fange enn andre. Denne sammenhengen vil en også undersøke i et datamateriale fra 9 familiegrupper av rognkjeks hvor en har observert stor variasjon i mageinnhold blant rognkjeks i samme merd samt konkurranse med laks og andre rognkjeks om fôr (Imsland et a. 2016). I tillegg vil en undersøke om katarakt påvirker fôropptak, vekst og dødelighet.

5.1 Materiale og metode

Undersøkelsene i dette prosjektet baserer seg på data samlet inn i forsøk med 9 familiegrupper av rognkjeks for å undersøke mulighetene for genetiske forbedringer av avlusningskapasiteten hos rognkjeks knyttet til FHF-prosjektet "Stamfisk rognkjeks" (prosjekt nr. 6838). Dette forsøket er rapportert i Akvaplan-niva rapport 6838-1, "Mulighet for genetisk forbedring av avlusningskapasiteten hos rognkjeks" og publisert i Imsland et al. (2016). I tillegg ble det gjort undersøkelser av katarakt på et utvalg fisk fra hver av de 9 familiegruppene. Deler av materiale og metode er derfor overlappende med beskrivelsen i Akvaplan-niva rapport 6838-1 og Imsland et al. (2016), men blir gjengitt her.

Rognkjeksen: Gyteklar rognkjeks (8 hanner og 7 hunner) fanget med garn i Sandnessundet utenfor Kraknes, Troms, i april-mai 2014 ble strøket for egg og melke slik at ni forskjellige familiegrupper ble etablert. Etter befruktning ble eggene inkubert i separate inkubatore på 9–10°C ved Akvaplan-niva's forskningsstasjon på Kraknes (APN-K). Eggene ble seinere overført til Nofima's avlsstasjon som ligger veg-i-vegg hvor eggene ble klekket i perioden 20.-24. juni (Tabell 3).

Tabell 3. Informasjon om stryking, befruktning, klekking og yngelvekt for de ni familiegruppene i forsøket.

Familie nr.	Hann nr.	Hunn nr.	Befruktet	Klekket	Snittvekt (± SD) 12. november 2014
1	1073	1110	22 Mai	22 Juni	15.0 ± 1.6
2	1073	1035	22 Mai	23 Juni	11.9 ± 1.2
3	1091	1088	23 Mai	23 Juni	15.3 ± 1.6
4	1033	1088	23 Mai	23 Juni	14.4 ± 1.5
5	1033	1015	23 Mai	24 Juni	20.7 ± 2.1
6	1035	1084	18 Mai	20 Juni	13.0 ± 1.5
7	1032	1098	21 Mai	22 Juni	17.3 ± 1.8
8	1091	1102	22 Mai	23 Juni	17.2 ± 2.0
9	1030	1111	22 Mai	22 Juni	22.5 ± 2.2

To til tre dager etter klekking ble larvene startfôret på Gemma Wean diamond 2.0 mm (Skretting AS) og *Artemia* for hånd. All fisk ble bedøvd (benzoak 80 mg/L) og deretter merket med Trovan® Passive Integrated Transponder (PIT-merke) 2. desember 2014: all fisk fra same familie ble i tillegg merket med et eksternt farget Floyd merke (forskjellig farg for hver familie) festet øverst på ryggfinnnen. Fisken ble stikkvaksinert med ALPHA JECT Marin micro 5 (Pharmaq AS) 15. desember 2014. Deretter ble 40 fisk fra hver familie (totalt 360 stk.) blandet og overført til et felles 11 m^3 kar ved APN-K med naturlig vanntemperatur for lagring før transport til GIFAS 7. mai 2015. Her ble fisken holdt i karantene i fire 3 m^3 kar til forsøket startet 25. mai. Det var ingen fôring av rognkjeksen. Oppsummering av rognkjeksens historikk er gitt i Tabell 4.

Tabell 4. Oppsummering av historikk til de ni familiegruppene av rognkjeks benyttet i forsøket.

Hendelse	**Beskrivelse**
Opphav villfisk (F0)	Sandnessundet, Tromsø, fanget mai 2014
Stryking og inkubering, TMY	Begynnelsen av mai 2014
Overført Nofima	28. mai og 6. juni 2014
Klekking	20-24. juni 2014
PIT-merking	2. desember 2014
Overført fra Nofima til TMY, Vaksinering	15. des, 2014, (Alphaject micro 5)
Transport fra TMY til Gifas	7. mai
Floyd merking	21. mai
Overført til merder med laks	28. mai
Dødelighet/sykdom	Første dødelighet fra dag 42, avsluttet forsøket dag 78 pga. høy dødelighet. Akkumulert fra 10 % (fam. 6) til 35 % (fam. 5). Positiv på *Pasteurella (PCR)*

Laksen: Laksen benyttet i forsøket (totalt 3600 fisk, Aqua Gen stamme) var 0+ fra 2011 generasjon produsert ved Sundsfjord smolt AS og levert til Gildeskål Forskningsstasjon (GIFAS), Nordland, i mars 2015. Fisken var vaksinert med Alpha Marine Micro 4 (Pharmaq). All fisk hadde lik genetisk og miljømessig bakgrunn. Fra mars til mai 2015 ble fisken overført til Langholmen, Nordland, hvor forsøket ble gjennomført i småskala merder (5x5x5) i perioden mars til august. Valg av merd for de enkelte familiegruppene var tilfeldig (loddtrekning). Fisken ble sortert og fordelt med 400 laks og 40 rognkjeks i hver av de 9 forsøkemerdene den 25. mai. Gjennomsnittsvekt ved forsøksstart for rognkjeks ble målt til 123.3 ± 12.3 g (± SD). I tillegg ble all laks fra hver merd bulkveid ved forsøksslutt. Laksen ble fôret med standard laksefôr (CPK 75, Biomar, Århus, Danmark) to ganger daglig i henhold til tabell. Totalt fôrforbruk varierte fra 68 til 74 kg.

Det ble foretatt lusetelling på 30 laks like før overføring til forsøksmerdene og deretter på 30 laks fra hver forsøksmerd hver annen uke for å beregne lusepåslag. Fem kategorier ble registrert: 1) *Lepeophtheirus salmonis*: modne hunnlus; 2) *Lepeophtheirus salmonis*: modne

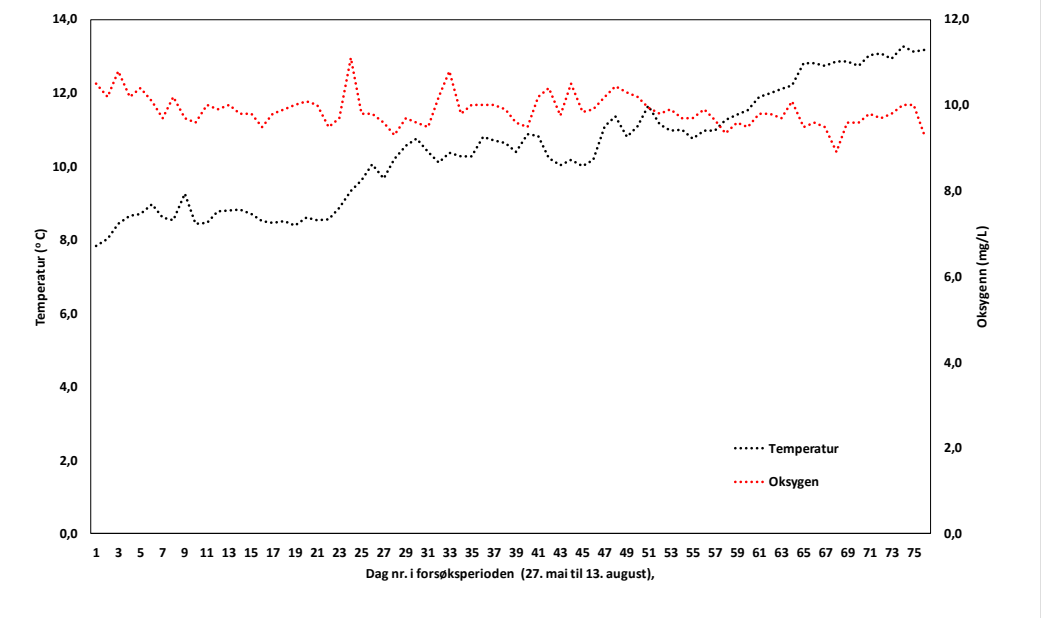
hannlus; 3) *Lepeophtheirus salmonis*: Pre-adult; 4) *Lepeophtheirus salmonis*: Chalimus; 5) *Caligus elongatus*.

Forsøksoppsettet: Fordeling av de enkelte gruppene ved forsøksstart 25. mai 2015 er vist i Tabell 5. For hver familie ble 20 rognkjeks plassert i én merd sammen med en annen rognkjeks-familie og 20 andre rognkjeks fra samme familie plassert i en annen merd med en annen familie. Dette ga to replikate merder for hver familie og totalt 40 fisk fra to forskjellige familier i hver merd. Innblandingsprosenten av rognkjeks i forhold til laks var 10% (forhold 1:10). PIT-merker fra all fisk ble registrert før overføring til merd.

Tabell 5. Fordeling av de ni familiegruppene av rognkjeks på ni forsøksmerder med laks (forsøksdesign). Fargekodene er referert i figurer med familiebaserte data.

Merd	Antall laks	Rognkjeksfamilier									Antall rognkjeks per merd
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	
401	400	20							20		40
402	400						20	20			40
403	400		20					20			40
404	400			20		20					40
405	400						20			20	40
406	400				20				20		40
407	400			20		20					40
408	400	20	20								40
409	400				20					20	40

Miljø (temperatur og oksygen) i forsøksperioden er vist i Figur 13. Saliniteten varierte i perioden fra 29,6 til 34,1 ppt. Siktedyp varierte fra 5-10 meter.



Figur 13. Variasjon i sjøtemperatur og oksygen i forsøksperioden.

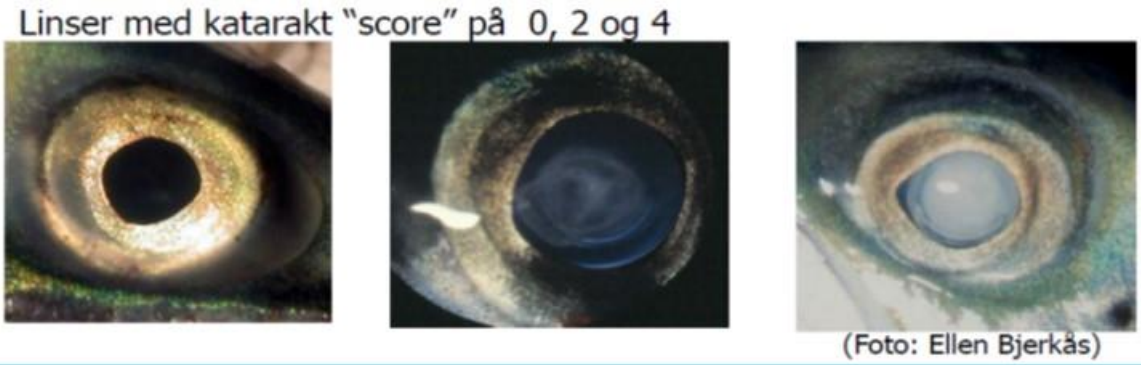
Individuell vekt og lengde ble registrert samtidig med prøvetaking av mageinnhold. Individuell daglig vekstrate (SGR) var beregnet i henhold til Houde and Schekter (1981): SGR = (eg-1) ×100 hvor g = (ln (V2)-ln (V1) / (t2-t1) og V2 og V1 er vekt ved henholdsvis dag t2 og t1.

Magetømming: Prøvetaking for mageinnhold ble foretatt hver andre uke til samme tidspunkt om morgenen (Tabell 6). All fisk ble da bedøvd (Benzoak® 80 mg l-1) og en silikonslange (15 cm lang og diameter på 4 mm) festet til en sprøyte fylt med sjøvann ble forsiktig ført ned gjennom halsen og ned i magesekken. Vannet ble forsiktig presset inn i magesekken slik at mageinnholdet ble presset ut gjennom tarmen på fisken og opp i en beholder. Deretter ble mageinnholdet overført til en petriskål for videre analyse i stereolupe. Innholdet ble klassifisert som: a) lakselus (alle stadier av *L. salmonis* og *Caligus elongatus*) b) laksefôr, c) uspesifiserte krepsdyr (for eksempel *Caprella spp*.), d) hydrozoer, e) Blåskjell (*Mytilus edulis*), f) uidentifisert eller tom mage. Kun data på lakselus og laksefôr blir analysert i denne rapporten. Etter prøvetaking ble fisken overført til oppvåkningskar med luftet sjøvann før overføring tilbake til deres spesifikke merd. Det ble observert økende dødelighet i forsøket fra dag 42, og det ble seinere bekreftet smitte med Pasteurella spp.

Tabell 6. Prøvetakingsplan for forsøket.

Uke nr.	Bulkveiing av laks	Utsett av rognkjeks i merd	Lusetelling	Mage-analyser	Veiing Rognkjeks	Adferd
1	X	X	X		X	
2						X
3			X	X	X	X
4						X
5			X	X	X	X
6						X
7			X	X	X	X
8						X
9			X	X	X	X
10						X
11			X	X	X	X
12						X
13			X	X	X	X
14						X
15			X	X	X	X
16						X
17			X	X	X	X
18						X
20	X		X	X	X	X

Undersøkelse av katarakt: Ved hver av de 7 prøvetakingstidspunktene ble 20 fisk (10 fra hvert replikat) undersøkt for katarakt. Undersøkelsen ble gjort med det blotte øye, uten bruk av spaltelampe eller lupe. Dette gir en økt risiko for feilkilder ved at spesielt de svakeste gradene av katarakt kan bli oversett og at corneaforandringer kan mistolkes som katarakt. Graderingen av katarakt-score ble gjort i henhold til Wall og Bjerkås (1999), hvor hvert øye ble gitt en score fra 0-4, hvor 0 = ingen katarakt, 1 = katarakt dekker mindre enn 10 % av linsen, 2 = katarakt dekker 10-50 % av linsen, 3 = katarakt dekker 50-75 % av linsen og 4 = katarakt dekker 75-100 % av linsen.

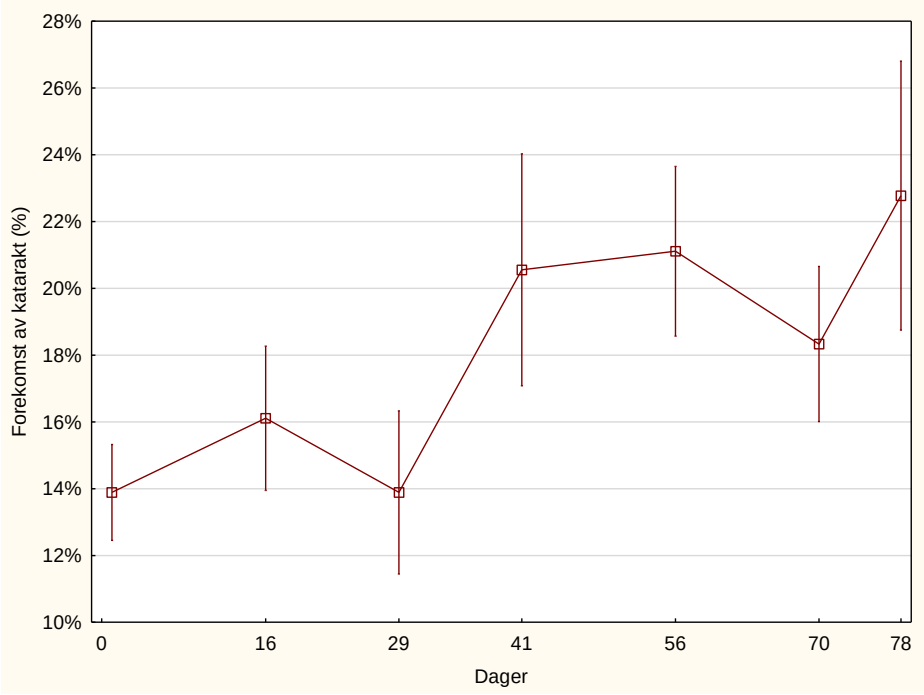


Summerer en opp får en da en score fra 0-8 per fisk. En score fra 0-2 regnes som mild form for katarakt, 3-4 som moderat og 5-8 som alvorlig. I tillegg ble det registrert om det var katarakt på kun én eller begge linsene siden dette kan gi informasjon om type katarakt. Overvekt av bilateral katarakt er en indikasjon på at årsaken primært er systemisk (Ersdal et al. 2001; Bjerkås et al. 1996), ofte relatert til ernæring, mens ensidig (unilateral) katarakt indikerer at ytre mekaniske påvirkninger er årsak (Peuhkuri et al. 2009). En enkel beskrivelse for undersøkelse av katarakt kan fås ved henvendelse til FHF.

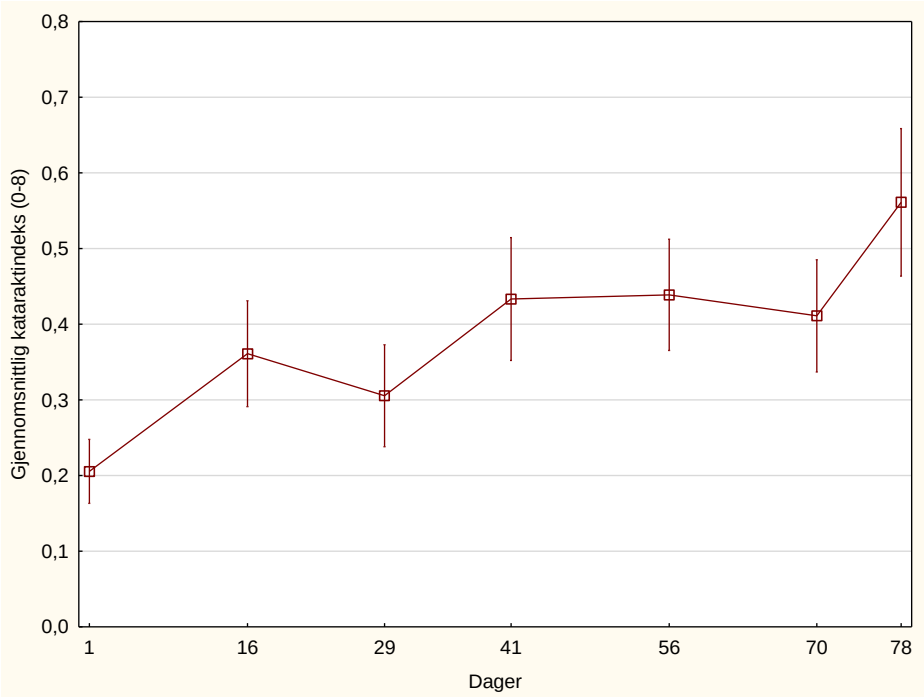
Statistikk: Programvaren Statistica™ 12.0 ble brukt for all statistisk analyse. Alle data ble testet for normalfordeling ved bruk av en Kolmogorov-Smirnov test (Zar, 1984) og homogeniteten av variansen ble testet ved bruk av Levene's F test (Zar 1984). Mulige forskjeller i gjennomsnittsvekt mellom familiegruppene ble testet med en toveis nøstet variansanalyse (ANOVA) hvor replikater (parallelle grupper) ble nøstet innenfor hver behandling. Der ANOVA viste at det var signifikante forskjeller mellom gruppene ble en Student-Newman-Keuls (SNK) post-hoc test brukt for å identifisere hvilke grupper som var forskjellige. Utvikling av katarakt over tid og sammenheng mellom katarakt og andre faktorer (akkumulert dødelighet, fiskevekt, SGR, andel fisk med fôr i magen og lusepåslag) ble analysert med lineær regresjon. Et signifikansnivå på 0,05 ble brukt.

5.2 Resultater

Generelt for alle gruppene slått sammen økte forekomsten av katarakt med tiden utover i forsøket (lineær regresjon, $\beta = 0{,}228$, $p < 0{,}05$, Figur 14) fra ca. 14 % ved start til ca. 23 % ved avslutning av forsøket dag 78. Den samme trenden gjaldt for kataraktindeksen (lineær regresjon, $\beta = 0{,}092$, $p < 0{,}01$, Figur 15), som øker fra ca. 0,2 til ca. 0,55 ved forsøksslutt.

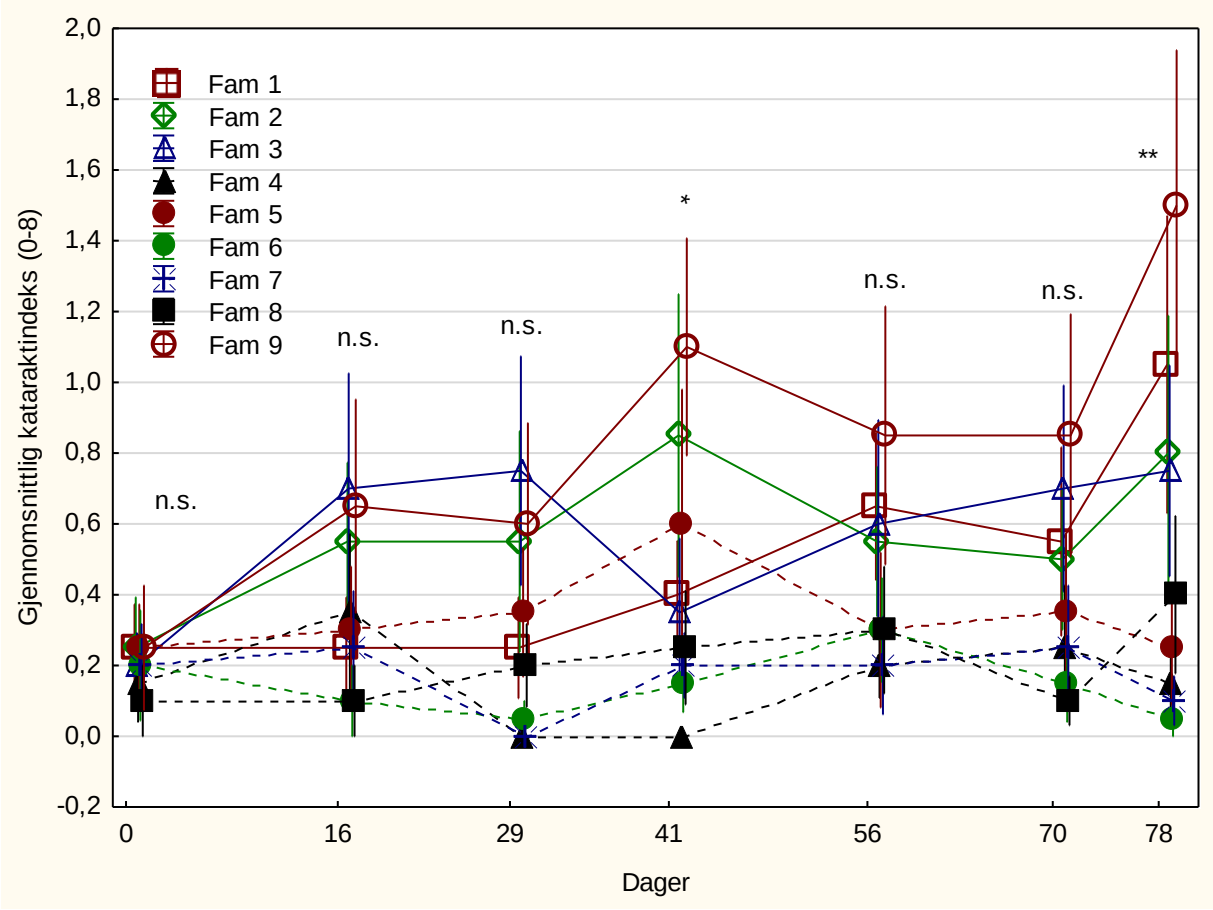


Figur 14. Utvikling i forekomst av katarakt (% prevalens) for alle gruppene sammenslått. Vertikale linjer indikerer standard feil (SEM).



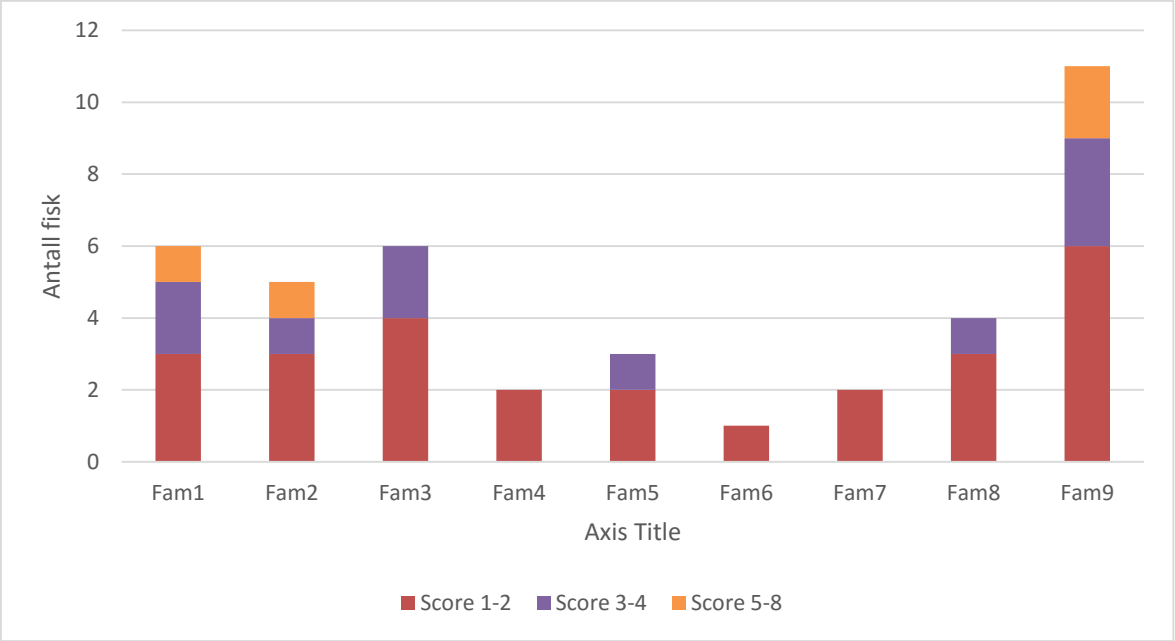
Figur 15. Utvikling av gjennomsnittlig kataraktindeks (gjennomsnitt av score fra 0-8) for alle gruppene sammenslått. Vertikale linjer indikerer standard feil (SEM).

Kataraktindeksen var generelt lav for alle gruppene, men spesielt familie 9 utviklet mer fremtredende katarakt utover i forsøket (Figur 16), hvor kataraktindeks var signifikant høyere enn familie 4 på dag 41 og ved dag 78 signifikant høyere enn familiene 4, 5, 6, 7 og 8 (2-vei nøstet ANOVA, etterfulgt av Newman-Keuls post-hoc test, P<0,05). Familien 4, 5, 6, 7 og 8 hadde ingen økning i katarakt i løpet av de 78 dagene fra start og frem til avslutningen av forsøket.



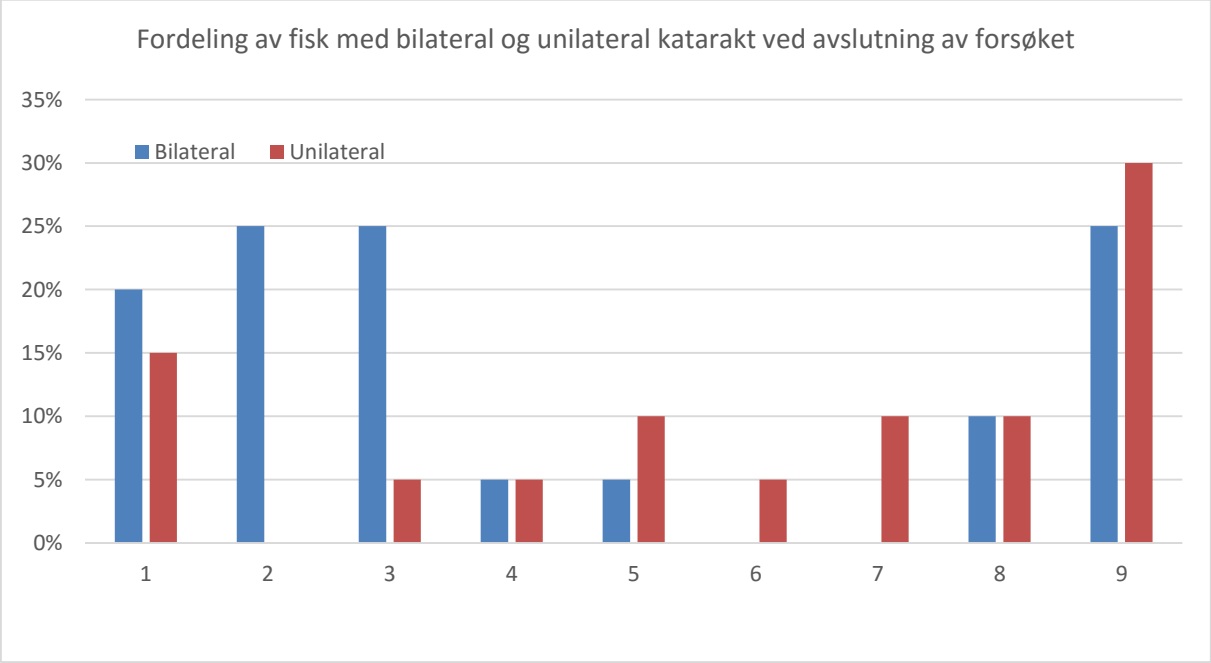
*Figur 16. Utvikling i gjennomsnittlig kataraktindeks (gjennomsnitt av score fra 0-8) for hver av de 9 familiegruppene. Vertikale linjer indikerer standard feil (SEM). *=Fam 9 signifikant forskjellig fra Fam 4, alle andre like. **=Fam 9 signifikant forskjellig fra Fam 4, 5, 6, 7 og 8, alle andre like. 2-veis nøstet ANOVA, etterfulgt av NKS test, P<0,05.*

Fisk med katarakt ble gruppert i tre forskjellige kategorier i forhold til hvor utviklet katarakten var (Figur 17); mild (1-2), moderat (3-4) og alvorlig (5-8) grad. Kun familiene 1, 2 og 9 hadde innslag av fisk med alvorlig katarakt, mens familiene 4, 6 og 7 kun hadde fisk med mild katarakt.



Figur 17. Forekomst av tre kategorier katarakt mellom 9 familiegrupper av rognkjeks på slutten av forsøket.

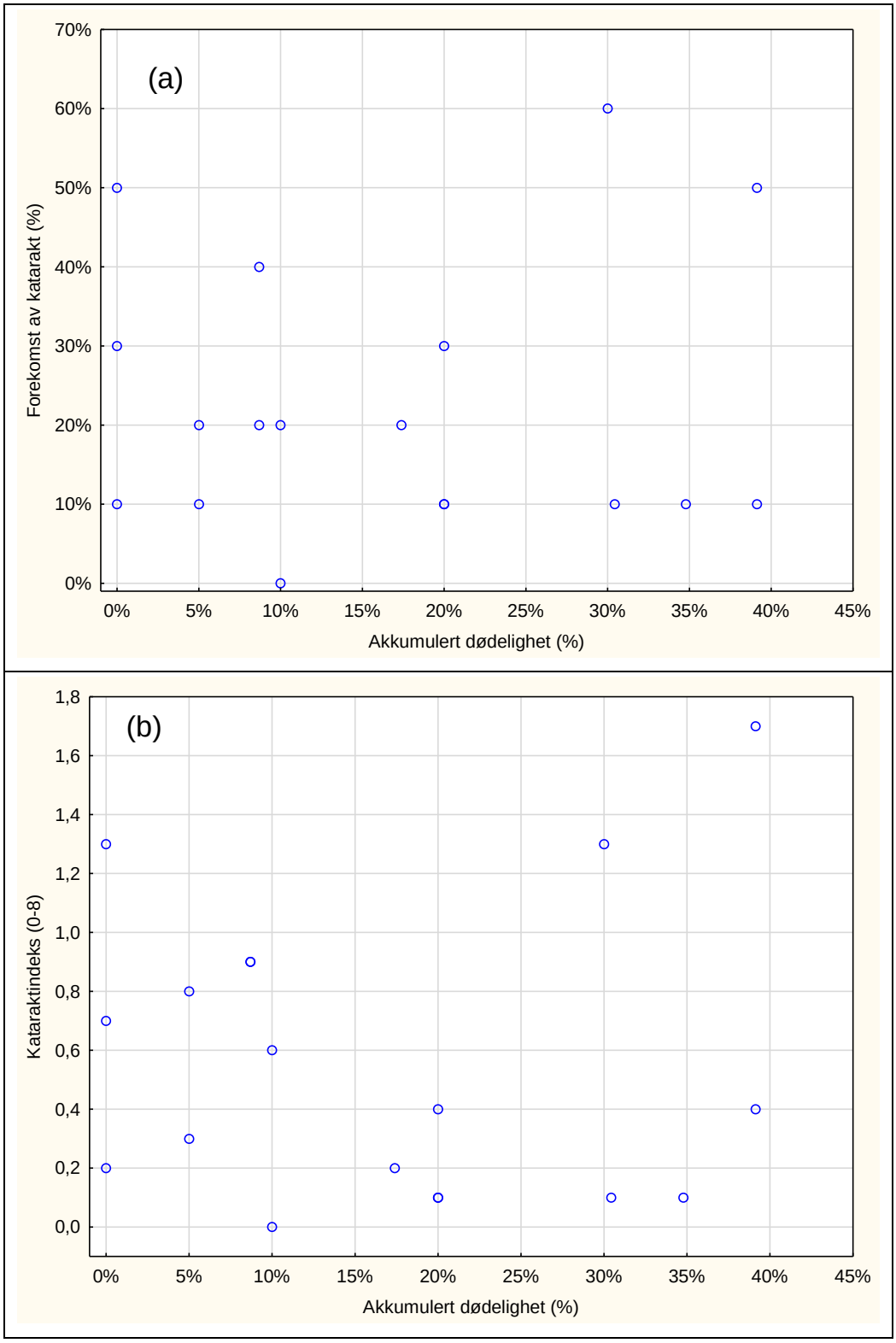
Fisk med katarakt ble gruppert i forhold til om de hadde katarakt på begge øynene (bilateralt) eller kun på ett øye (unilateralt, Figur 18). Unilateral katarakt indikerer at ytre mekanisk påvirkning (erosjon) på cornea er årsak til katarakten. Denne type katarakt var spesielt fremtredende i familiene 1 (3 av 20 fisk) og 9 (6 av 20 fisk). Familie 2 og 3 var dominert av bilateral katarakt.



Figur 18. Fordeling av fisk (%) innenfor hver familiegruppe (1-9) med katarakt på begge øynene (bilateralt) eller kun på ett øye (unilateralt) ved forsøksslutt.

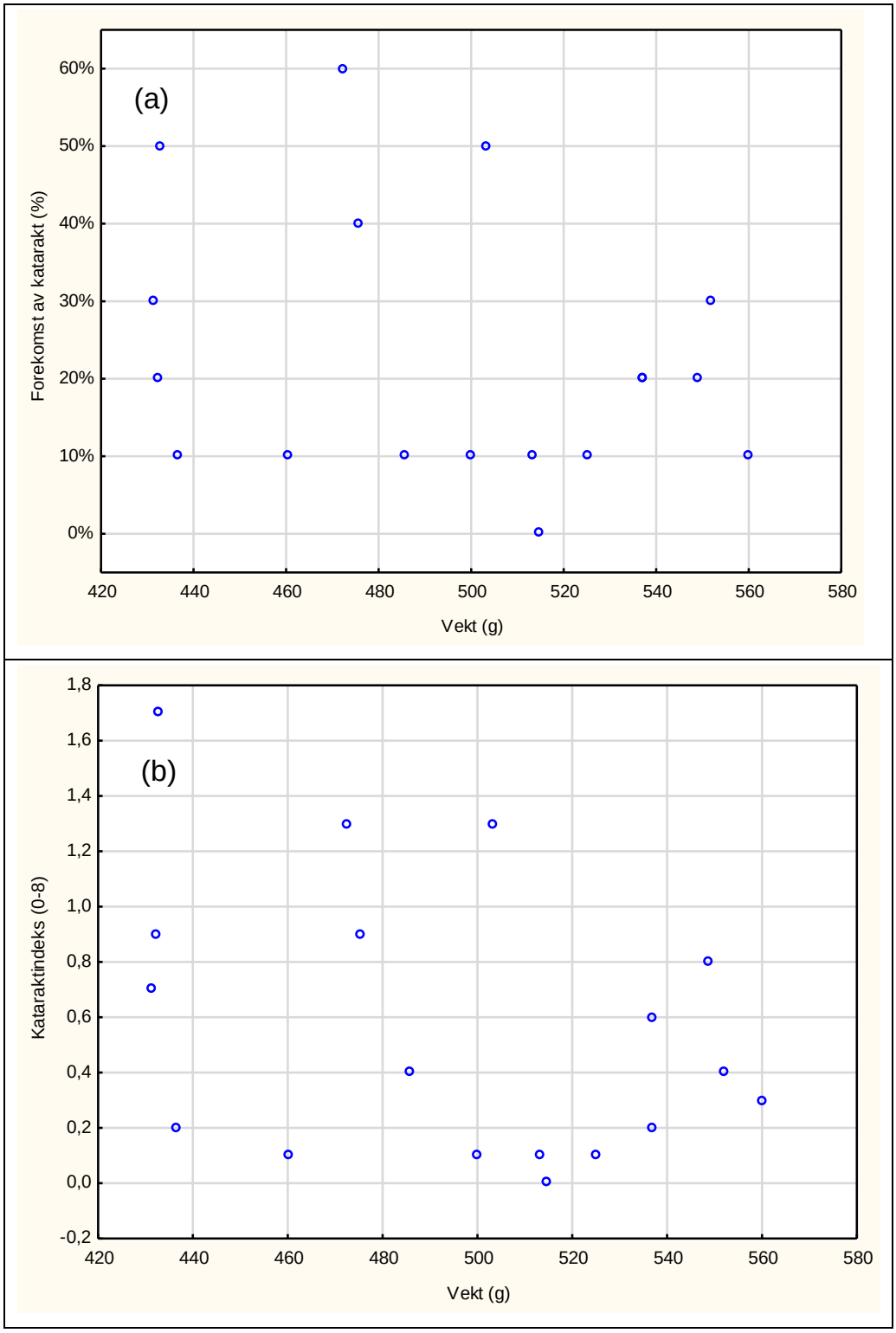
Det var ingen sammenheng mellom forekomst av katarakt og akkumulert dødelighet eller kataraktindeks og dødelighet (lineær regresjon, $p > 0,05$, Figur 19a og b). Dødeligheten var lavest blant fisk fra familie 6 (2,5 %, NKS test, $P<0,05$) og høyest for familie 5 (34,6 %).

Begge disse gruppene var blant gruppene med lavest forekomst og grad av katarakt (vedlegg kapittel 8.6).



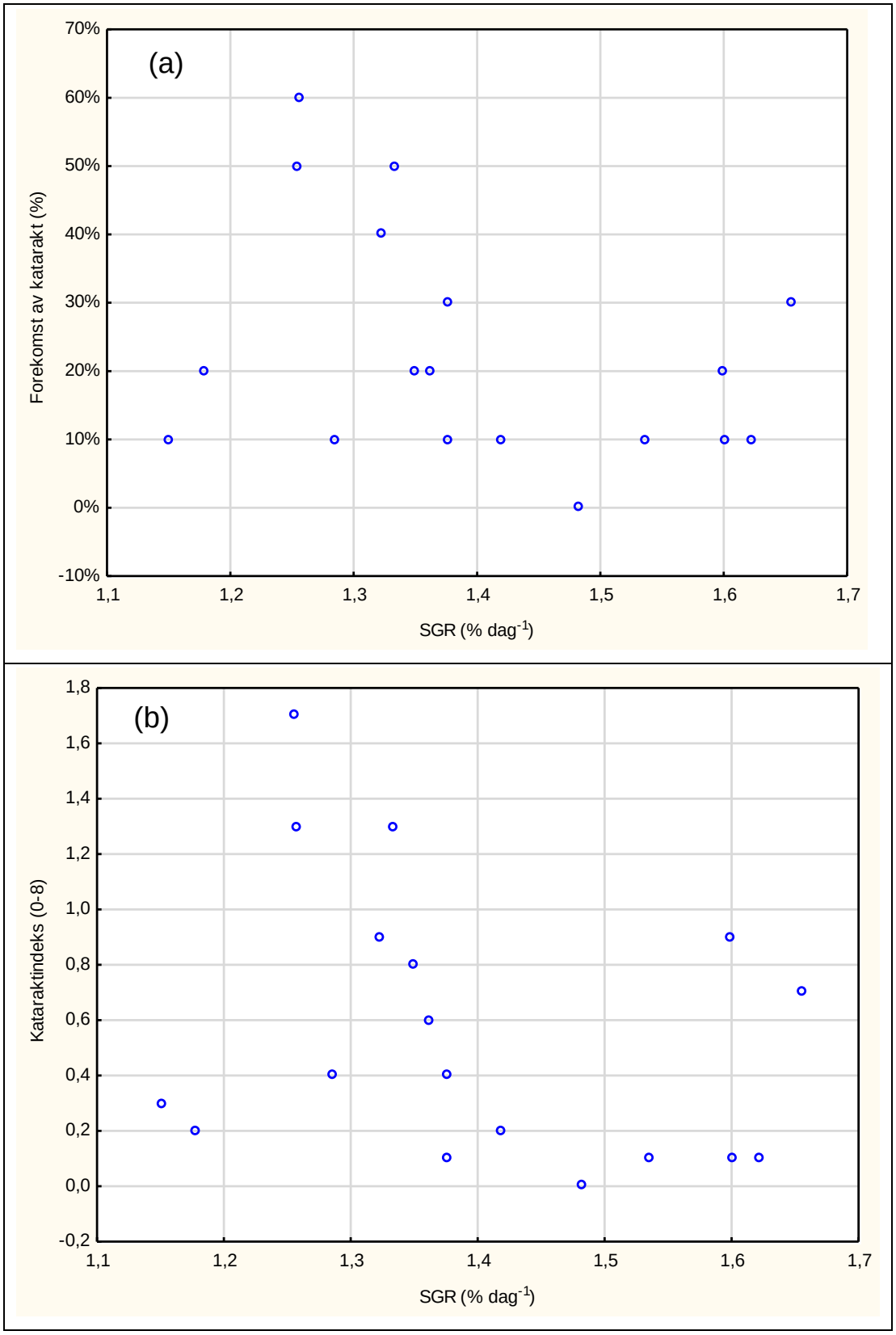
Figur 19. Akkumulert dødelighet i forhold til forekomst av katarakt (a) og kataraktindeks (b).

Det var ingen sammenheng mellom forekomst av katarakt og sluttvekt eller kataraktindeks og sluttvekt (lineær regresjon, $p > 0{,}05$, Figur 20a og b).



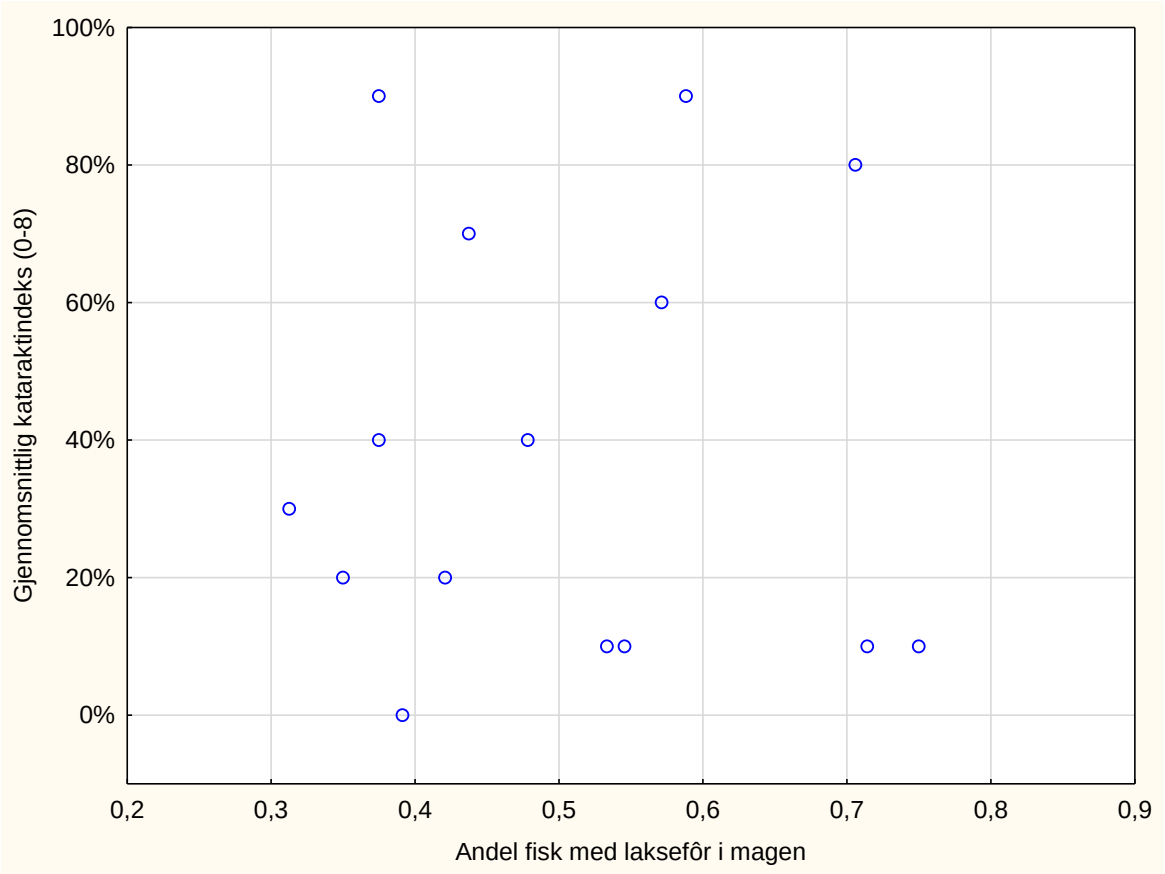
Figur 20. Forekomst av katarakt (a) og kataraktindeks (b) i forhold til sluttvekt (g).

Det var heller ingen sammenheng mellom forekomst av katarakt og SGR eller kataraktindeks og SGR (lineær regresjon, $p > 0,05$, Figur 21a og b).



Figur 21. Forekomst av katarakt (a) og kataraktindeks (b) som respons på SGR for hele perioden (78 dager vekst).

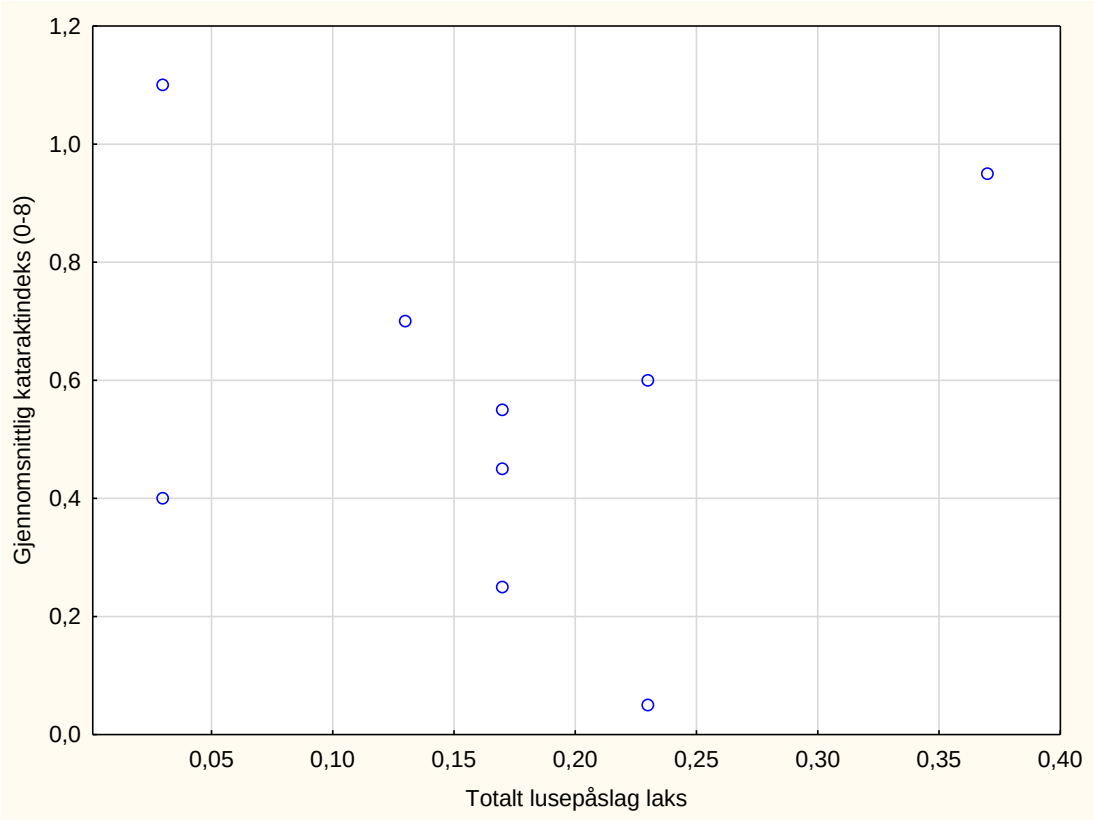
Det var ingen sammenheng mellom kataraktindeks og andel fisk med laksefôr i magen ved forsøksslutt (lineær regresjon, p > 0,05, Figur 22).



Figur 22. Sammenheng mellom kataraktindeks og andel rognkjeks med laksefôr i magen ved forsøksslutt.

Det var også registrert andel fisk med lakselus i magen ved forsøksslutt. Her ble det kun funnet lus hos familie 2, med kun to fisk med lus i magen av totalt 29 fisk undersøkt i familiegruppen (vedlegg kapittel 8.6).

Basert på analyserer på merdnivå, der forskjellige familiegrupper er representert i de forskjellige merden, ser en ingen sammenheng mellom variasjonen i lusepåslag på laksen og kataraktstatus på rognkjeksen i de enkelte merdene (lineær regresjon, p > 0,05, Figur 23).



Figur 23. Sammenheng mellom totalt lusepåslag (alle kategorier og kjønn) og gjennomsnittlig kataraktindeks på merdnivå (9 merder hvor fisk fra begge familiegruppene per merd er slått sammen).

I Tabell 7 har en fordelt de 9 gruppene i forsøket i kategoriene "Høy" og "Lav" hvor "Høy" representerer de fire gruppene med høyest gjennomsnittlig kataraktindeks ved forsøksslutt og "Lav" de fem gruppene med lavest kataraktindeks ved forsøksslutt (alle med signifikant lavere kataraktindeks sammenlignet med familie 9). "Høy" hadde tre ganger høyere forekomst av katarakt og fem ganger høyere kataraktindeks sammenlignet med kategori "Lav", uten at disse forskjellene ga seg utslag i forskjeller i dødelighet, vekst og opptak av laksefôr. I forhold til vurdering om de observerte nivåene av katarakt påvirket spising av lakselus var datagrunnlaget for lite siden kun fem av totalt 294 undersøkte rognkjeks hadde lus i magen ved siste prøvetaking.

Tabell 7. Sammenstilling av noen data hvor familiegruppene er samlet i "Høy" og "Lav" kategori mhp. katarakt.

Guppe:	"Høy"	"Lav"
Familier	1, 2, 3, 9	4, 5, 6, 7, 8
Forekomst av katarakt ved forsøksslutt	36 %	12 %
Kataraktindeks ved forsøksslutt	1,025	0,19
Akkumulert dødelighet	15 %	17 %
Sluttvekt	479	508
SGR (% per dag) for hele perioden	1,39 %	1,40 %
Andel med laksefôr i magen ved forsøksslutt	47 %	55 %

5.3 Diskusjon

Forekomsten av katarakt i dette forsøket var lav (ca. 14-23 %) sammenlignet med observasjoner av rognkjeks satt ut i storskala kommersielle laksemerder (jamfør feltundersøkelsene i del 1 av dette prosjektet), hvor det var observert katarakt på 53-97 % av fisken. Av enkeltgrupper fra forsøket var det kun familie 9 som kunne måle seg med dette omfanget, hvor 55 % av fisken fikk påvist katarakt.

Også gjennomsnittlig kataraktindeks var lav, varierende fra ca. 0,2 – 0,55 sammenlignet med registeringer av gjennomsnittlig kataraktindeks varierende fra 1,33 – 2,17 i kommersielle laksemerder (delprosjekt 1). Det var også svært få fisk med alvorlig grad av katarakt (score >5), observert kun i familiegruppene 1, 2 og 9, med høyest forekomsten i familie 9 (2 av totalt 11 fisk med katarakt). Det var en utvikling i både forekomst og grad av katarakt gjennom forsøksperioden som indikerer at kataraktproblemene øker med tiden.

Et forbehold må tas i forhold til mulige feilkilder i undersøkelsen, siden det ikke ble benyttet spaltelampe med lupe for undersøkelsen av øynene, kun det blotte øye. Dette åpnet for dårligere presisjon av lokalisering og gradering av katarakt, og risiko for å ikke fange opp lavere grader av katarakt. Dessuten vil det være vanskeligere å skille corneaforandringer fra katarakt.

Den relativt høye andelen fisk med unilateral katarakt, enten det er en reell katarakt eller mistolking av corneaforandringer, indikerer at ytre mekaniske belastninger på fisken, for eksempel forskjellige typer håndtering som kan gi friksjon eller skader på øynene, har betydning for øyehelsen hos rognkjeks. Det var stor variasjon mellom gruppene i hvor stor grad slike ytre påvirkninger spilte inn, noe som er vanskelig å forklare ut i fra håndteringsmetode siden fisken i alle gruppene ble håndtert likt.

Forekomsten av bilateral katarakt varierte fra 20-25 % i de fire mest utsatte familiegruppene, og var fraværende i to grupper (6 og 7). Bilateral katarakt er knyttet til systemiske årsaker, for eksempel ernæring, som er vist å spille inn på kataraktutvikling hos laks (Hughes et al. 1985). Foreløpige data som analyseres ved NIFES (ref. Rune Waagbø) viser at ernæring kan spille inn på kataraktutviklingen også hos rognkjeks. Selv om ernæring kan ha spilt inn i dette forsøket kan en ikke forklare variasjonen i bilateral katarakt mellom gruppene med ernæring alene siden alle gruppene ble fôret likt.

Det var signifikante forskjeller i dødelighet mellom familiegruppene i forsøket, varierende fra 4 % i familie 6 til 35 % i familie 5, sannsynligvis som følge av infeksjon av *Pasteurella spp* (Imsland et al. 2016). Men det var ingen sammenheng mellom dødelighet og forekomst eller grad av katarakt. Dødelighet påvirkes av katarakt i den grad det påvirker fôropptak, vekst og svekket immunforsvar og robusthet på fisken (redusert stresstoleranse). For eksempel ble det for postsmolt i oppdrett observert at økt grad av katarakt ga økt dødelighet som følge av økt følsomhet for håndteringsstress (Breck & Sveier 2001).

Hos laks i oppdrett er det vist at selv moderate grader av katarakt kan gi redusert vekst (Breck & Sveier 2001). Utvikling av katarakt medfører at mindre lys slipper gjennom til retina og synet blir svekket eller forsvinner (Shariff et al. 1980; Bjerkås & Sveier 2004). Spesielt de mer alvorlige gradene av katarakt vil da kunne redusere fôropptaket (Savino et al. 1993) og konkurranse om mat (Barber et al. 2000), og dermed redusere veksten. Hos postsmolt ble en gjennomsnittlig kataraktindeks på 5,4 ansett som nok til å forstyrre synet (Bjerkås et al. 2003).

Det var klare forskjeller i vekst mellom familiegruppene av rognkjeks i forsøket (Imsland et al. 2016), hvor familie 2 hadde signifikant høyere SGR sammenlignet med familie 5 og 9. Men, uavhengig av familiebakgrunn var det ingen systematisk sammenheng mellom vekst og kataraktindeks som kunne tyde på at katarakt hadde innvirkning på vekstraten, eller at høy SGR økte risikoen for utvikling av katarakt, slik en har sett på laks (Ersdal et al. 2001; Breck et al.

2003). Dette kan ha sammenheng med at både forekomsten og graden av katarakt var svært lav og forsøket hadde for kort varighet til at eventuelle effekter på vekst fikk utarte seg.

Upubliserte data fra vekstforsøk med rognkjeks i kar, hvor fisk med og uten katarakt ble analysert separat (Gifas, ref. Patrick Reynolds), viste at selv ved alvorlig grad av katarakt hos rognkjeks kan det være vanskelig å avdekke effekter på vekst. Rognkjeks med gjennomsnittlig kataraktindeks på 6,6 (n=25) oppnådde SGR på 1,6 % d^{-1}, mens rognkjeks uten katarakt (n=72) hadde SGR på 1,7 % d^{-1}. Forholdene i kar var annerledes enn i merd med laks og derfor ikke direkte sammenlignbare, bl.a. ved at fôrtilgangen vanligvis er bedre i kar hvor fôret samles opp på karbunnen. Det var heller ikke konkurranse med laks i dette forsøket. Det viser likevel at rognkjeks med alvorlig grad av katarakt klarer å ta opp fôr og vokse bra dersom fôrtilgangen er god.

Det var klare forskjeller i fôropptak mellom familiegruppene (Imsland et al. 2016), hvor familie 2 hadde lavest andel fisk registrert med tørrfôr i magen og familie 5 høyest. Samtidig hadde familie 2 høyere kataraktindeks (0,85) sammenlignet med familie 5 (0,25). Men denne sammenhengen mellom opptak av tørrfôr og katarakt var ikke konsistent, og uavhengig av familie viste regresjonsanalysen at katarakt av det omfang som forekom i forsøket ikke påvirket fôropptaket. Dette underbygger konklusjonene om at den "milde" graden av katarakt observert i dette forsøket ikke har vært begrensende for fôropptak eller påvirket veksten negativt.

Infeksjonsgraden av lakselus var lav i hele forsøksperioden og ble redusert mot slutten av forsøket. Andel rognkjeks observert med lakselus i magen ved forsøksslutt var derfor svært lavt, hvor lus ble funnet i kun 5 av totalt 294 undersøkte fisk. Analyser av familieforskjeller i lusespising (Imsland et al. 2016) viste at andelen fisk som spiste lus i familie 2 økte utover i forsøket og var signifikant høyest ved forsøksslutt (dag 78), til tross for at lusepåslaget i merdene hvor denne familiegruppen gikk (merd 3 og 8) var lavest. Familie 2 hadde også størst preferanse for krepsdyr. Samtidig ble det funnet lakselus i magen til 5 % av rognkjeksen i familie 1 ved dag 16, 56 og 78, mens det ved ingen av prøvetakings-tidspunktene ble funnet lus i magene til familie 3, 5, 7, 8 eller 9 (beskrevet i Imsland et al 2016).

Det er kjent at katarakt kan påvirke hvor effektivt fisk kan fange naturlige fôrorganismer, for eksempel hos arktisk røye hvor fisk uten katarakt fanget zooplankton mer effektivt enn fisk med katarakt (Voutilainen et al. 2008). Analysene av familieforskjellene i lusespising (referert i Imsland et al. 2016) gir grunn til å tro at mild grad av katarakt hos rognkjeks ikke påvirker rognkjeksens evne til å oppdage og spise lakselus negativt, siden familiene med de mest effektive lusespiserne (1 og 2) hadde høyere forekomst og grad av katarakt sammenlignet med familier hvor det ikke var observert lus i magen (3, 5, 7 og 8). Unntaket er familie 9 som hadde mest utviklet katarakt og samtidig ingen fisk med lus i magen.

Familie 9 hadde ved forsøksslutt høyest forekomst (55%) og grad av katarakt (gjennomsnittlig kataraktindeks på 1,5) av alle familiegruppene, med signifikante høyere kataraktindeks sammenlignet med både familie 4, 5, 6, 7 og 8 med kataraktindekser varierende fra 0,1 til 0,4. Det at fisk fra familie 9 var plassert i samme merd som både familie 4 (merd 9) og familie 6 (merd 5), begge familiene med svært lav forekomst og grad av katarakt sammenlignet med familie 9, reduserer sannsynligheten for at forskjellene i katarakt er miljøbetinget (et utslag av håndtering, røkting eller miljøforholdene i merdene), men antyder at forskjellene har mulige underliggende årsaker knyttet til genetikk og familieforskjeller. Dette må undersøkes nærmere basert på et større datasett.

Uavhengig av en mulig genetisk kopling til kataraktutvikling hos rognkjeks bør en av hensyn til forebygging av potensielle negative effekter av katarakt og av hensyn til dyrevelferd vurdere rutinemessig seleksjon mot katarakt i rognkjeksgrupper for utsett i merd og spesielt i stamfiskgrupper, som et praktisk tiltak for å redusere problemet.

6 Konklusjoner og anbefalinger

Analysene fra feltundersøkelsen er en bekreftelse på katarakt er vanlig forekommende hos rognkjeks og at denne kan være av omfattende karakter i enkelte sammenhenger, spesielt hos oppdrettet stamfisk i kar. Dette tyde på at det er spesielle forhold i rognkjeksproduksjonen som er spesielt belastende for fisken, i form av fysiologis eller mekanisk stress.

Dette krever videre oppfølging, spesielt med tanke på en større kartlegging av utbredelse, betydningen i forhold til fiskevelferd, påvirkning av rognkjeksens funksjon som lusespiser, samt analysering av bakenforliggende årsaker til katarakt.

De fire viktigste risikofaktorene i undersøkelsen var 1) forskjellig type håndtering (prøvetaking, flytting, sortering, håving), 2) veksthastighet, 3) fiskehelse generelt og 4) erosjon og sårskader. Det er overvekt av faktorene knyttet til mekaniske påvirkninger og stress.

Kataraktscore viste seg nyttig som en velferdsindikator hvor den gjenspeiler fiskens eksponering for miljøutfordringer og helsestatus, og bør derfor inngår i rutinemessige undersøkelser i oppdrett.

Forekomst og grad av katarakt på rognkjeks satt i laksemerd for avlusing av laks var lav og påvirket ikke overlevelse, vekst og fôropptak, men siden forekomst og grad av katarakt økte med tiden kan disse problemene også tenkes å bli mer fremtredende over tid.

Forsøket ga ikke datagrunnlag for å si noe om katarakt påvirket lusespisingen, men slike sammenhenger bør undersøkes nærmere.

Forskjellene mellom familiegruppene kan forklares med mulig underliggende genetiske koplinger til kataraktutvikling. Dette må undersøkes nærmere i forhold til å utnytte dette i avl.

7 Referanser

Barber I, Hoare D, Krause J (2000) Effects of parasites on fish behaviour: a review and evolutionary perspective. Rev.Fish Biol. Fish. 10, 131–165

Bjerkås E, Sveier H (2004) The influence of nutritional and environmental factors on osmoregulation and cataracts in Atlantic salmon (Salmo salar L.). Aquaculture 235, 101–122

Bjerkås E, Bjørnestad E, Breck O, Waagbø R (2001) Water temperature regimes affect cataract development in smolting salmon, Salmo salar L. J Fish Dis 24, 281–291

Bjerkås E, Holst JC, Bjerkås I, Ringvold A (2003) Osmotic cataracts causes reduced vision in wild Atlantic salmon postsmolts. Dis.Aquat. Org. 55, 151–159

Bjerkås E, Breck O, Waagbø R (2006) The role of nutrition in cataract formation in farmed fish. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources 1, 1–16

Bjerkås E, Waagbø R, Sveier H, Breck O, Bjerkås I, Bjørnestad E, Maage A (1996) Cataract development in Atlantic salmon (Salmo salar L) in fresh water. Acta Vet Scand 37, 351–360

Björnsson, B. (1994) Effects of stocking density on growth rate of halibut (Hippoglossus hippoglossus L.) reared in large circular tanks for three years. Aquaculture 123, 259-270

Bornø G, Alarcón M, Linaker ML, Colquhoun D, Nilsen H, Gu J, Gjerset B, Hansen H, Thoen E, Gulla S, Jensen BB (2016) Akutt dødelighet hos rognkjeks (Cyclopterus lumpus) i 2015. Veterinærinstituttets rapportserie – 2 – 2016

Brandt TM, Jones Jr Koke JR (1986) Corneal Cloudiness in Transported Largemouth Bass. Prog. Fish-Cult. 48(3), 199-201

Breck O (2004) Histidine nutrition and cataract development in Atlantic salmon Salmo salar L. PhD thesis, University of Bergen

Breck O, Bjerkås E, Campbell P, Arnesen P, Haldorsen P, Waagbø R (2003) Cataract preventative role of mammalian blood meal, histidine, iron and zinc in diets for Atlantic salmon (Salmo salar L.) of different strains. Aquac Nutr 9, 341–350

Breck O, Sveier H (2001) Growth and cataract development in two groups of Atlantic salmon (Salmo salar L) post smolt transferred to sea with a four week interval. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists 21, 91–103

Cullen AP, Monteith-McMaster C A, Sivak JG (1994) Lenticular changes in rainbow trout following chronic exposure to UV radiation. Curr. Eye Res. 13, 731– 737

Doughty MJ, Cullen AP, Monteith-McMaster CA (1997) Aqueous humour and crystalline lens changes associated with ultraviolet radiation or mechanical damage to corneal epithelium in freshwater rainbow trout eyes. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology 42(1-2), 165.172

Ersdal C, Midtlyng PJ, Jarp J (2001) An epidemiological study of cataracts in seawater farmed Atlantic salmon Salmo salar. Dis. Aquat. Org. 45, 229-236

Hargis WJ (1991) Disorders of the eye in finfish. Annual Review of Fish Diseases 1, 95-117

Hiroshi H, Murai T (1994) White muscle of masu salmon, Oncorhynchus masou masou, smolts possesses a strong buffering capacity due to a high level of anserine. Fish Physiol. Biochem. 13, 285–293

Good C, Davidsona J, Welsha C, Snekvik K, Sommerfeldt S (2010) The effects of carbon dioxide on performance and histopathology of rainbow trout Oncorhynchus mykiss in water recirculation aquaculture systems. Aquacultural Engineering 42(2), 51–56

Hosfeld CD, Engevik A, Mollan T, Lunde TM, Waagbø R, Olsen AB, Breck O, Stefansson S, Fivelstad S (2008) Long-term separate and combined effects of environmental hypercapnia and hyperoxia in Atlantic salmon (Salmo salar L.) smolts. Aquaculture 280, 146–153

Hughes SG (1985) Nutritional eye diseases in salmonids: a review. Prog. Fish-Cult. 51, 189–193

Imsland AK, Reynolds P, Eliassen G, Hangstad TA, Nytrø AV, Foss A, Vikingstad E, Elvegård TA, (2014) Notes on behaviour of lumpfish in sea pens with and without Atlantic salmon. J. Ethol. 32, 117–122

Imsland AK, Reynolds P, Eliassen G, Mortensen A, Hansen ØJ, Puvanendran V, Hangstad, TA, Jónsdóttir ODB, Emaus P-A, Elvegård T-A, Lemmens SCA, Rydland R, Nytrø AV, Jonassen TM (2016) Is cleaning behaviour in lumpfish (Cyclopterus lumpus) parentally controlled? Aquaculture 459, 156-165

Iwata M, Komatsu S, Collie NI, Nishioka RS, Bern HA (1987) Ocular cataracts and seawater adaption in salmonids. Aquaculture 66, 315–327

Karlsbakk E, Alarcón M, Hansen H, Nylund A (2014) Sykdom og parasitter i vill og oppdrettet rognkjeks. Havbruksrapporten 2014, 37-39

Kuukka-Anttila H, Peuhkuri N, Kolari I, Paananen T, Kause A (2010) Quantitative genetic architecture of parasite-induced cataract in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Heredity 104, 20–27

Livingstone, DR (2003) Oxidative stress in aquatic organisms in relation to pollution and aquaculture. Rev. Med. Vet. 154, 427–430

Lygren B, Hamre K, Waagbø R (2000) Effect of induced hyperoxia on the antioxidant status of Atlantic salmon Salmo salar L. fed three different levels of dietary vitamin E. Aquaculture Research 31(4), 401-407

Menzies, F.D., Crockford, T., Breck, O. & Midtlyng, P.J. (2002) Estimation of direct costs associated with cataracts in farmed Atlantic salmon (Salmo salar). Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 22, 27–32

Moran D, Tubbs L, Støttrup JG (2012) Chronic CO2 exposure markedly increases the incidence of cataracts in juvenile Atlantic cod Gadus morhua L. Aquaculture 364-365, 212-216

Munakata A, Aida K, Amano M, Ikuta K, Kitamura S, Ogata H (2000) Changes in histidine and anserine levels in hatchery-reared Honmasu salmon parr after release in a river. J. World Aquac. Soc. 31, 274–278

Nytrø AV, Vikingstad V, Foss, A, Hangstad TA, Reynolds P, Eliassen G, Elvegård TA, Falk-Petersen I-B, Imsland, AK (2014) The effect of temperature and fish size on growth of juvenile lumpfish (Cyclopterus lumpus L.) Aquaculture 434, 296-302

Peuhkuri N, Bjerkås E, Brännäs E, Piironen J, Primmer C, Taskinen J (2009) Looking fish in the eye—cataract as a problem in fish farming. TemaNord 2009, 515, 51 pp

Reddy V.N. (1990) Glutathione and its function in the lens - an overview. Experimental Eye Research 50(6), 771-778

Rhodes JD, Breck O, Waagbo R, et al. (2010) N-Acetylhistidine, a novel osmolyte in the lens of Atlantic Salmon (Salmo salar L.). Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 299, R1075–R1081

Savino JF, Henry MG, Kincaid HL (1993) Factors affecting feeding-behaviour and survival of juvenile lake trout in the Great-Lakes. Trans. Am. Fish. Soc. 122, 366–377

Shariff M, Richards RH, Summerville C (1980) The histopathology of acute and chronic infections of rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson with eye flukes, *Diplostomum* spp. J. Fish Dis. 3, 455–465

Sunde LM, Imsland AK, Folkvord A and Stefansson SO (1998) Effects of size grading on growth and survival of juvenile turbot at two temperatures. Aquac Int 6 (1), 19-32

Treasurer JW, Cox D, Wall T (2007) Epidemiology of blindness and cataracts in cage reared ongrown Atlantic halibut Hippoglossus hippoglossus. Aquaculture 271, 77–84

Ubels JL, Edelhauser HF (1987) Effects of Corneal Epithelial Abrasion on Corneal Transparency, Aqueous Humor Composition, and Lens of Fish. Prog. Fish-Cult. 49(3), 219-224

Voutilainen A, Figueiredo K, Huuskonen H (2008) Effects of the eye fluke *Diplostomum spathaceum* on the energetics and feeding of Arctic charr *Salvelinus alpinus*. J. Fish Biol. 73, 2228–2237

Waagbø R, Bjerkås E, Sveier H, Breck O, Bjørnestad E, Maage A (1996) Nutritional status assessed in groups of smolting Atlantic salmon, Salmo salar L., developing cataracts. Journal of Fish Diseases 19, 365–373

Waagbø R, Sveier H, Breck O, Bjørnestad E, Maage A, Bjerkås E (1998) Cataract formation in smolting Atlantic salmon, Salmo salar, fed low and high energy diets. Bull Europ Ass Fish Pathl 18, 201–205

Waagbø R, Hamre K, Bjerkås E, Berge R, Wathne E, Lie O, Tortensen B (2003) Cataract formation in Atlantic salmon, Salmo salar L., smolt relative to dietary pro- and antioxidants and lipid level. J Fish Dis 26, 213–229

Waagbø R, Hosfeld CD, Fivelstad S, Olsvik PA, Breck O (2008) The impact of variable water gases on cataract formation, muscle and lens free amino acids, and lens antioxidant enzyme and heat shock protein transcription in smolting Atlantic salmon, Salmo salar L. Comp Biochem Physiol A149, 396–404

Waagbø R, Tröße C, Koppe W, Fontanillas R, Breck O (2010) Dietary histidine supplementation prevents cataract development in adult Atlantic salmon, Salmo salar L in sea. Brit J Nutr 104, 1460–1470

Wade MA, Tucker HN (1998) Antioxidant characteristics of Lhistidine. J Nutr Biochem 9, 308–315

Wall T, Bjerkås E (1999) A simplified method of scoring cataracts in fish. Bull Europ Ass Fish Pathol 19, 162–165

Williams DL, Brancker WM (2006) Aggravating factors in the development of ocular abnormalities in farmed Atlantic halibut (Hippoglossus hippoglossus). The Veterinary Journal 172, 501-505

Zar JH (1984) Biostatistical Analysis, 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 718 pp

Zigman S, Rafferty NS (1994) Catalase activity in dogfish (Mustelus canis) ocular tissues. The Biological Bulletin 187 (2), 247+

8 Vedlegg

8.1 Diskusjon av kjente risikofaktorer for katarakt hos fisk

Håndtering og mekanisk belastning:

Bornø et al. (2016) refererer til typiske produksjonslidelser som sår og slitasje, ofte på rygg og hoderegion. I noen tilfeller kan også hele halen være erodert bort. Det er ofte bakterieinfeksjoner i slike sår, vanligvis Tenacibaculum sp. og Vibrioarter og det fører ofte til dødelighet.

Høy tetthet, dårlig sortering, aggressiv adferd, håndtering og transport er også blant faktorene som kan innvirke på slitasje og sårutvikling. Tar en i tillegg i betraktning rognkjeksen knudrete og piggete hudlag vil en forvente at den ved fysisk kontakt mellom individer er spesielt utsatt for slimtap, rifter og sår, også på øynene.

Spesielt i forbindelse med trenging, håving og ikke minst transport vil en øke denne risikoen. Denne hypotesen er også tidligere lagt frem som en faktor som kan utvikle katarakt hos fisk (Ubels & Edelhauser, 1987), og det er rapportert (Brandt et al. 1986) om utvikling av katarakt etter transport av largemouth bass (*Micropterus salmonides*). Hvilke faktorer under transporten som påvirker dette vil variere, men typisk vil miljøforholdene under transport, håndtering av fisken samt temperaturoverganger etter transport (ved utsett i merd) kunne spille inn. Selve håndteringen i forbindelse med transport er nok mest risikabel hvor slitasje og sår lett kan oppstå. Basert på observasjoner hos rognkjeksoppdrettere spekuleres det i om rognkjeks er spesielt sårbar for plutselige miljøoverganger. Temperaturoverganger ved utsett i sjø, spesielt fra høy temperatur (ca. 8 °C) under produksjon og transport til lavere temperatur ved utsett i merd (ofte ned mot 4 °C) har en mistanke om kan være problematisk for rognkjeks. Ingen av gruppene av rognkjeks undersøkt var utsatt for store temperaturoverganger ved utsett i merd, og en slik mulig effekt ble derfor ikke fanget opp.

Huden og slimlaget er en viktig barriere mot det ytre miljø og opprettholdelsen av vann og ione-balansen, og slimtap og åpne sår kan gi osmotisk ubalanse som igjen kan forklare den irreversible katarakten som oppstår hos rognkjeks. Osmotisk katarakt er grundig studert hos laks (Iwata et al. 1987), og det er vist at overgangen fra parr til smolt i sjøvann kan gi osmotiske endringer i linsen som gir irreversibel katarakt (Breck & Sveier, 2001).

Sosiale interaksjoner som kan tolkes som aggressiv adferd eller konkurranse om fôret observeres ofte hos rognkjeks, spesielt i perioder med hurtig vekst, som i tidlig yngelfase. Dette er et kjent problem i oppdrett av fisk, og kanskje best kjent som øyenapping hos flatfisk (Sunde et al. 1998). Slik sosial aggresjon, men også friksjon mot øyet ved høy tetthet og håndtering, kan gi skader på øynene. Avhengig av omfanget av skadene på cornea kan dette føre til katarakt (Breck et al. 2003; Williams & Brancker, 2006).

Viktigste tiltak mot slik aggresjon og konkurranse om fôret er sortering. Ironisk nok er tiltak som en gjør for å optimalisere produksjon og fiskevelferd, f.eks. sortering og annen håndtering som pumping, telling og vaksinering, en risikofaktor i seg selv. Kveite som ble håndtert (veid og målt) annenhver uke utviklet mer øyeskader og katarakt enn uhåndtert kveite (Williams & Brancker, 2006). En hovedstrategi vil selvfølgelig være å tilpasse utstyr og metoder for håndtering av fisk på en bedre måte enn i dag, og kun håndtere fisken når det er absolutt nødvendig.

Vannmiljø og produksjonsforhold:

Høy vekst og høy temperatur viser ofte samvariasjon hos fisk og er vanskelige å skille. Temperatur er den primære driveren (ratekontrollerende faktoren) for vekst hos fisk og kan

påvirke risikoen for kataraktutvikling. Hos lakseparr er det dokumentert (Bjerkås et al. 2001) at lakseparr som fikk stabil høy temperatur (8-9 °C) sammenlignet med fisk på stabil lav temperatur (2 °C) fikk økt forekomst av katarakt. Ved overføring til sjø (naturlig sjøvannstemperatur Hordaland desember, ca. 8 °C?) fortsatte utviklingen av katarakt og veksten økte, også for gruppen på lav temperatur. Utviklingen av katarakt så ut til å oppstå etter perioder med rask vekst. Det er vanskelig å skille effekten av temperatur og vekst, men her er det nok et samspill.

Økning i katarakt var også sett i sammenheng med fluktuerende temperatur (gjentatte dropp fra 8 °C til >5 °C), som økte både vekst og forekomst av katarakt. Det samme var tilfelle for alle gruppene etter utsett i sjø i desember, der også gruppen på 2 °C fikk et temperatursprang. Risikoen knyttet til temperaturovergang ved utsett i sjø er man klar over hos rognkjeks, der en har en oppfatning av at rognkjeks tåler dårlig overganger fra moderat (ca. 8 grader) til lav temperatur (ca. 4 grader).

Konklusjonen på laks er at fisken er sensitiv for temperaturoverganger og temperaturer som gir god vekst (noe som ofte prioriteres i oppdrett). Optimal temperatur for vekst er ikke nødvendigvis alltid det optimale for god øyehelse (eller god fysiologisk tilstand hos fisken).

Høye tettheter og lavt spesifikt vannforbruk ble vurdert som en risikofaktor for kataraktutvikling i prosjektet, som vanligvis medfører økt risiko for kronisk høy CO_2. En kjenner ikke vannkvalitetskravene (toleranse) til rognkjeks, men generelt vil sub-optimale miljøforhold som O_2 og CO_2 konsentrasjon i intensivt oppdrett utgjøre en kronisk stressbelastning og har vist seg å kunne gi økt risiko for utvikling av katarakt. Katarakt er i den forstand en indikator på miljøtoleranse hos fisk, og denne kan gjerne variere med art (og fysiologisk/ernæringsmessig status).

Kronisk høy CO_2 er vist å utvikle alvorlige øyelidelser og høy forekomst av katarakt hos settefisk av torsk i resirkuleringsanlegg (Moran et al. 2012). Allerede ved 18 mg/L CO_2, en konsentrasjon som ikke er uvanlig også i gjennomstrømningsanlegg med høy tetthet og oksygenering, var forekomsten av katarakt nesten 75%, av hovedsakelig høy alvorlighetsgrad (score >4), sammenlignet med 10-13 % for fisk utsatt for 2 og 8 mg/L CO_2. Tilsvarende negativ effekt av økt CO_2 var ikke observert på laksesmolt i sjø som ble eksponert for forskjellige oksygenmetninger i ferskvannsfasen ved to alternative CO_2-konsentrasjoner (2-3 og 17-18 mg/L). Men gruppene på høy CO_2 fikk redusert vekst, noe som kan ha gjort fisken mindre utsatt for utvikling av katarakt. Heller ikke for regnbueørret hadde høy CO_2 (opptil 24 mg/L) ved 100 % oksygenmetning negativ effekt på generell helse og produksjonsprestasjoner hos regnbueørret (Good et al. 2010). Men motsetningene mellom disse to forsøkene på laksefisk og undersøkelser på torsk tyder på artsforskjeller i CO_2-toleranse. Enten forskjellene kan være relatert til art eller miljø (salinitet) ser det ut som marine arter er spesielt følsomme for høy CO_2. En bør derfor være spesielt obs på dette forholdet inntil man får mer kunnskap om miljøtoleranse hos rognkjeks i oppdrett.

Rognkjeks vokser raskt samtidig som begrensninger i vannkapasitet er kjente problemstillinger i yngelanlegg. Selv ved lave temperaturer kan biomassen dobles fra fisken vaksineres til den har oppnådd de anbefalte døgngradene for tilstrekkelig utvikling av vaksineeffekt (spesifikk immunkompetanse) og den er klar for utsett. Innen den tid blir fiskebiomassen gjerne høy, det tilsettes oksygen og CO_2 akkumuleres i karene. Basert på resultatene fra Moran et al. (2012) har høy tetthet derfor indirekte potensiale for å forårsake utvikling av katarakt.

Oksygenering av vann kan være nødvendig spesielt ved høye temperaturer, høy tetthet og "vannmangel" som ikke uvanlig oppstår i sein yngelfase før levering. Høy oksygen oppstår sjeldent uten samvirkende faktorer som høy CO_2 og gjerne høy vekst. Men isolert sett er oksidativt stress f.eks. påført ved oksygenering av vann en kjent risikofaktor for utvikling av

katarakt hos fisk (Livingstone, 2003; Lygren et al. 2000). Følsomheten overfor slikt oksidativt stress ser ut til å variere, avhengig av andre miljøfaktorer og status på fisken. Smolt som var utsatt for normal (95%) eller økt oksygenmetning (112 og 125%) ved lav CO_2 (2-3 mg/L) i ferskvannsfasen fikk økt prevalens av mild grad av katarakt, mens tilsvarende grupper som også fikk økt CO_2 (17-18 mg/L, Waagbø et al. 2008) ikke utviklet katarakt i samme grad. Analyser av linsene viste at fisken hadde lave nivåer av histidin. Høy vekstrate i gruppene med høy oksygen gjorde sannsynligvis disse gruppene mer utsatt for katarakt i den påfølgende sjøfasen.

Dette er nok et eksempel på kompleksiteten i problemstillingene rundt kataraktutvikling hvor interaksjoner mellom flere faktorer ofte spiller inn.

Det finnes ingen kunnskap om rognkjeksens toleranse for lav salinitet, men hos enkelte andre marine arter (bla. piggvar og torsk) er det vist god toleranse og vekst ved lave saliniteter. Men, fluktuerende salinitet (og gjerne i kombinasjon med høye temperaturer) er også vist å være faktorer som kan bidra til kataraktutvikling (Bjerkås & Sveier 2004; Hargis 1991). Toleransen for salinitet bør undersøkes nærmere hos rognkjeks.

UV-desinfisering av vann kan utgjøre en risiko for katarakt på torsk (Björnsson, 2004). Effekten var beskrevet som indirekte gjennom økt rhedox-potensiale i vann gjennom produksjon av ozon og frie radikaler av UV-strålingen og derigjennom økt risiko for oksidativt stress.

Direkte eller indirekte eksponering til UV er identifisert som en risikofaktor for katarakt hos flere arter, og hos torskeyngel var indirekte eksponering undersøkt i resirkuleringssystem hvor det ble benyttet UV-behandlet vann (Björnsson, 2004). Økningen var høyest i karene nærmest (3 m unna) UV-lyset (33 % prevalens) sammenlignet med kar 33 m lenger unna (5 % prevalens), selv om fisken ikke ble direkte eksponert av UV-lys. Dette er eneste rapport på slik indirekte effekt av UV, og det hefter derfor usikkerhet ved denne konklusjonen. Hypotesen var at ozon eller andre stoffer (frie radikaler) produsert av UV-behandlingen av sjøvann medførte en oxidativ ødeleggelse av linsen. Oksidative skader på linsen som gir katarakt er en av hovedårsakene til utvikling av katarakt (Bjerkås et al. 2001), som kan være forårsaket av underskudd på antioksidanter eller dirkete eksponering til UV-lys.

Direkte eksponering til UV-lys er rapportert å forårsake katarakt hos bl.a. regnbueørret (Cullen et al. 1994; Doughty et al. 1997), pigghå (Zigman & Rafferty, 1994) og kveite (Treasurer et al. 2007). Ersdal et al. (2001) undersøkte vår- og høstutsatt smolt fra 49 forskjellige lokaliteter i Sør- og Nord-Norge, og fant relativt lik forekomst av katarakt hos vårutsatt og høstutsatt smolt, men høyere score på vårutsatt fisk. Det var også høyere scorer i de mest sørlige lokalitetene sammenlignet med de nordlige. Det var en spesielt varm sommer i sør som medførte høy vekst, og høyere forekomst av katarakt kan være knyttet til vekstforskjeller. Men det er også mulig at lenger og kraftigere eksponering til UV i sør har virket inn (dette var ikke diskutert i artikkelen).

Vekst og ernæring:

Høy vekst utgjøre en risikofaktor for katarakt. Rognkjeks har svært god vekst selv på lave temperaturer (Nytrø et al. 2014), samtidig er det ikke utviklet et spesielt tilpasset fôr for rognkjeks, noe som medfører risiko.

Det er kjent at rasktvoksende fisk er mer utsatt for å utvikle katarakt (Bjerkå et al. 1996; Waagbø et al. 1996; 1998), og utviklingen skjer gjerne etter en hurtigvekstfase. Dette kan forklares med høyere metabolisme hos hurtigvoksende fisk som fører til høyere oksidativ belastning i linsen med utvikling av katarakt som endelig resultat (Bjerkås & Sveier 2004). Begrensninger på essensielle aminosyrer (f.eks. histidin) som inngår i beskyttelsesmekanismene til linsen kan oppstå. Risikoen for raskere "uttømming" (katabolisme) av essensielle aminosyrer øker også med stress og osmotisk belastning knyttet til flere av risikofaktorene beskrevet, men kan også være knyttet til underdekning av viktige næringsstoffer i fôret. Resultatet av utviklet katarakt

hos fisk er redusert vekt, forklart med redusert syn og fôropptak (Ersdal et al. 2001; Bjerkås et al. 1996).

Sammenheng mellom katarakt og rask vekst hos laks er rapportert å være knyttet til f.eks. fettnivået i fôret (Waagbø et al. 2003). Ofte er effekten av disse faktorene knyttet til en kombinasjon av flere produksjonsrelaterte og miljømessige faktorer (Bjerkås et la., 2006). I en periode ble mengder av aminosyren histidin redusert i laksefôr som følge av endringer i råvaresammensetningen (blodmel gikk ut), noe som førte til omfattende kataraktproblemer på laks. Histidin og histidinderivater har vist seg å fungere som en antioksidant (Wade & Tucker 1998, Waagbø et al. 2010) og fungerer som en viktig buffer hos fisk (Hiroshi & Murai, 1994; Munakata et al. 2000). Det er vist at økt histidin og tilsetning av 5% NaCl i fiskefôr reduserer forekomsten og alvorlighetsgraden av katarakt på laks (Rhodes et al. 2010).

Det er rapportert om arvelige forskjeller i følsomhet for katarakt (familieforskjeller). Ersdal et al. (2001) fant at det var klare forskjeller i risikoen for å utvikle katarakt mellom fem stammer av laks undersøkt. Stammene hadde også forskjellige vekstegenskaper, og det kunne derfor ikke konkluderes om forskjellene var en direkte effekt av genetisk sammensetning eller knyttet til genetisk bestemte forskjeller i vekst. At slike genetisk relaterte forskjeller i katarakt utvikling kan være knyttet til forskjeller i vekstpotensialet og ernæringsbehov er støttet av Breck et al. (2003) hvor forskjellige dietter (variasjon i blodmel, histidin, jern og sink) ble sammenlignet på to forskjellige stammer av laks i sjø.

8.2 Beskrivelse av de vurderte risikofaktorene for katarakt

Faktor	Beskrivelse
Spyling av nøter	Vannstråler fra høytrykkspyling har stor sjans for å treffe rognkjeks som gjerne beiter langs notveggen. Risikoen vurderes i forhold til hyppighet av spylingen og hvor lenge fisken har stått i sjø. Kun relevant i merd. Risiko øker med hyppighet og tid i sjø.
Håndtering	Inkluderer vurdering av prøvetaking, sortering, vaksinering, flytting mellom kar, mageskylling o.l. Alvorlighetsgrad vurderes i forhold hyppighet av de enkelte operasjonene. Omfattende håndtering (f.eks. mageskylling, sortering og vaksinering) vurderes som mer belastende. Risiko øker med omfang og hyppighet.
Erosjon og sår	Basert på observerte sår og skader på fisken. Risikoen for betydningen i forhold til katarakt vurderes i forhold til omfanget av dette (risiko øker med antall og omfang av sår).
Formalinbehandling	Vurderes i forhold til metode (tilknyttet håndtering, behandlingstid og konsentrasjon) og hyppighet/rutiner. Risiko øker med omfang og hyppighet. Ikke relevant i merd.
Veksthastighet	Vurdert i forhold til oppdretters egen vurdering/karakterisering av vekst (vanskelig å innhente presise vekstdata). Ses i sammenheng med temperaturprofil i anlegget. Høy temperatur og god vekst anses å øke risiko knyttet til veksthastighet.
Fiskehelse generelt	Vurderes i forhold til historikk på dødelighet, sykdom, antibiotikabruk og generell vurdering av fiskehelse (parasitter og sårproblemer). Risiko øker med økning i disse faktorene.
UV-desinfisering	Vurderes i forhold til om det benyttes UV-desinfisering eller ikke, stadium og varighet en bruker UV, samt plassering av UV (røravstand) i forhold til kar. Ikke relevant i merd. Risiko avtar med økende avstand og når UV ikke benyttes.
Salinitet	Vurdert i forhold til salinitet under produksjon og fluktuasjoner ifm. behandling av fisk med ferskvann (mot parasitter). Risiko øker med varighet og hyppighet av eksponering til ferskvann eller lav salinitet. Ikke relevant i merd.
Temperatur	Temperaturprofil i produksjonen ble vurdert i forhold til optimal temperatur for vekst hos rognkjeks. Stabil lav temperatur vurdert som minst risikabelt i forhold til katarakt. Moderat temperatur ca. 8 grader vurdert som lav risiko, høy risiko ved temp over 12-14 grader.
CO_2 og tetthet	Oppdretter har ikke data på CO_2, men risiko for at CO_2 nivået kunne nå kritiske nivå ble vurdert i forhold til fisketetthet, opplysninger om vannutskifting, temperatur og vekst. Risiko øker med tetthet og CO_2, som i praksis er samme sak. Ikke relevant i merd.
Oksygen	Vurdert i forhold til opplysninger om oksygenering og O_2-niva i innløp/utløp samt vannutskifting og temperatur. Risiko øker med oksygeneringsgrad. Ikke relevant i merd.
Temperaturovergang	Vurdert i forhold til transport og overføring til merd, forskjell mellom temperatur i yngelfasen/bil og sjø. Årstidsavhengig. Risiko øker med størelsen på temperaturspranget.
Fluktuasjoner i temperatur	Vurdert spesielt i sjø (merd), temperaturprofil, avhengig av lokalisering (breddegrad). Alle landanlegg hadde dypvann og stabil temperatur. Risiko øker med størrelse og hyppighet av fluktuasjon. Mest relevant i sjø.

Lysregime og intensitet	Dimmet belysning vurdert som mest optimalt og lavest risiko. Kontinuer dimmet belysning lav risiko. Risiko øker med lysintensitet og jo kortere daglengde. Ikke aktuelt i sjø siden ingen av anleggene hadde tilleggsbelysning.
Fôr og fôringsrutiner	Mest subjektive vurdering. Basert på fokus/oppfølging av fôring, foringsregime (foringsperiode (lang er positivt) og fôrforbruk (høyt er positivt i sjø)) og fôrtyper (positivt der det benyttes typer som er kjent å ha god kvalitet for andre marine arter). Spesialfôring av rognkjeks i merd reduserer risiko. Kombinasjon automat- og håndfôring reduserer risiko. Kun håndfôring øker risiko.

* Det bemerkes at all risikovurdering ble gjort i forkant av behandling og analyser av kataraktdata. En kjente derfor ikke på forhånd sammenhenger mellom katarakt og risikovurderingen.

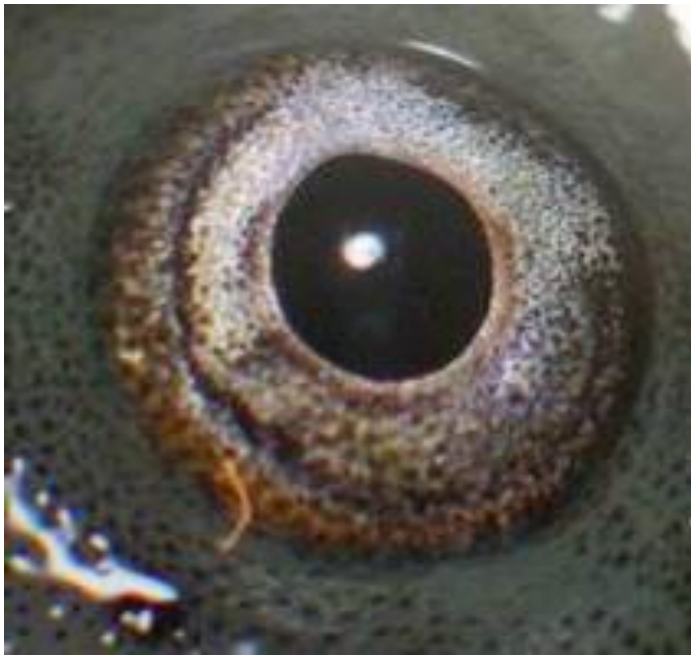
8.3 Sannsynlighetsvurdering av de undersøkte risikofaktorene

Gruppe	LL1		LL2		LL3		LL4	
Fiskestørrelse (g)	11,3 g	Vurderingsgrunnlag	66 g	Vurderingsgrunnlag	123 g	Vurderingsgrunnlag	9,1 g	Vurderingsgrunnlag
Spyling av nøter	0	står i kar	0	står i kar	0	står i kar	3	ukentlig
Håndtering, prøvetaking, flytting, sortering, håving	2	Vuggesortering, flytting mellom kar, håving ifm fortering og flytting	2	vaksinering, sortering med vugge, hyppig formalinbehandling, Stor fisk. Første sortering på 5 eller 6 mm, neste på 8 mm, deretter på 13 eller 14 mm ved vaksinering.	1	sjeldent, fra 0,5 g maks 1 x mnd, håving ifm sortering	2	lang transport ved 1,4 g, sortering 1 gang, pumping ved all flytting
Erosjoner, sår, skader	0	ikke observert på fisken	0	ingen sår og lyter	1	ikke sår, to øyne med kule i kule, en keratitt	0	ikke påvist
Veksthastighet	3	Sannsynligvis hurtig vekst, temp ca. 10 grader	2	god vekst	3	Høy vekst, 3-4 %/dag i påvekst	2	2,12 %/dag
Formalinbehandling	0	"kanskje en gang"	3	Formalinbehandling "light", puls, hyppig	1	behandlet et par ganger	0	nei
Fiskehelse generelt	2	Genereldt god. En episode med oppsvulmede øyne (15 fisk), ble reversert etter noen dager! Ikke bakterielt.	2	Inge nmedisinering, 70 % overlevelse fra startfôring til vaksinering	1	lav dødelighet, ingen spesifikke sykdommer	3	32 % dødelighet, 5 antibiotikabehandlinger
UV-behandling, plassering UV	2	UV 60 m før yngelkar	1	Ikke UV	2	UV 20 m fra startfôring, 50-60 m fra påvekst	0	ikke UV (prod i merd)
Salinitet og fluktuasjoner i salinitet	1	stabil, sjø	3	Stabilt sjøvann 34 ppt, men perioder med hyppig ferskvannsbehandling (1 time) mot Gyro	3	lav salinitet ned mot 12-15 ppt, stabilt	1	31-34 ppt
Temperaturregime og stabilitet	2	Sannsynligvis hurtig vekst, temp ca. 8-10 grader, stabilt, dypvann, regulering	1	stabilt 8,5-8,9 grader	1	maks 8 tidlig faser, deretter reduksjon til 5 grader	3	naturlig, overflate, høy (14, 8 (1/9), avtagende til 4 30/11), overflatevann, noe fluktuasjon
Risiko for høy CO2: tetthet, spesifikt vannforbruk	1	Lav siden fisken ble levert på 6,6 g (før overført til påvekstkar)	1	nei, ikke oksygenering, tetthet yngel 1- 5 kg/m3, sørre fisk maks 15 kg/m3	1	1x time vannutskifting på lav tetthet, ikke oksygenering	0	i åpne merder, stort voulm, 1,4 kg/m3, ikke oksygenering
Oksygenering, intensitet/overmetning innløp	1	yngelkar, lavere tetthet, moderat oksygenering	1	nei, oksygenering kun ved ferskvannsbehandling, 70-90 %	1	Bevisst lavt nivå på oksygen i kar	0	nei
Temperaturovergang ver utsett i sjø	0	fra ca. 8 grader til 9,7 grader (overøring til nytt anlegg på land)	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	1	overgant til ca. samme temp (14 grader)
Lysregime og lysintensitet	1	LD24:0, svak intensitet	1	LD24:0, svak intensitet	1	LD24:0, svak intensitet	1	naturlig variasjon og intensitet, fra august til des
Fôr og fôringsrutiner	1	Marint tørrfôr, automat og håndfôring	1	Marint tørrfôr, automat (kontinuuerlig) og håndfôring	1	Marint tørrfôr, automat (kontinuuerlig) og håndfôring	1	automat, periodevis, når lys

Gruppe	LS1		LS2		LS3		LS4	
Fiskestørrelse (g)	990 g	Vurderingsgrunnlag	1184 g	Vurderingsgrunnlag	1201 g	Vurderingsgrunnlag	831 g	Vurderingsgrunnlag
Spyling av nøter	0	står i kar	0	står i kar	0	står i kar	0	står i kar
Håndtering, prøvetaking, flytting, sortering, håving	3	Hyppig sortering , hyppig formalinbehandling mot sår, flytting mellom kar (hygienestrategi)	3	Sortering, utsortering for forsøk, PIT-merking, flytting mellom avdelinger, veiing 1 gang per mnd liten fisk, stor fisk hver 2. mnd. Medfører trenging og en god del håving	3	Hyppigere flytting v. vurdering av gytemodning og ferskvannsbehandling mot Gyrodactilus cyclopteri	1	sjeldent, fra 0,5 g maks 1 x mnd
Erosjoner, sår, skader	3	Høy, mye sårbehandling, sortering, flytting primært m håving, ikke utsattfor transportert	3	Stor andel fisk, til dels alvorlig	3	Mye fisk med sår og lyter	1	nei, tre fisk med keratitt
Veksthastighet	3	Høy veksthastighet i tidlig fase da det brueks oppvarmet vann, frem til ca 2 g, deretter råvann ca. 5-7 C	2	middels, generelt lav tetthet	2	normal god vekst	3	høy vekst, 3-4 %/dag i påvekst
Formalinbehandling	3	1 per mnd liten fisk, deretter hver 2. mnd, Ikke nedtapping av kar. 1:4000. 30 minutter vannstans	1	nei	1	relativt lav dose, relativt hyppig	0	ingen bahandling
Fiskehelse generelt	2	Høyest dødelighet gjennom startfôring (50-70%). Ingen perioder med spesiell høy dødelighet etter dette. Ikke medisin, kun formalin	2	relativ høy dødelighet, sårutgang, finneråte (ikke spesifisert sykdom)	2	70% overlevelse til vaksinering, noe utgang pga sår, ikke antibiotika, noe parasitter	1	lav dødelighet, ingen medisinering
UV-behandling, plassering UV	3	Yngel (varmtvann): kar 2-25 m etter UV, større fisk(råvann): 25 m etter UV	1	UV og ozonering kun i startfôringsfasen	1	nei	1	UV 20 m fra startfôring, ikke UV fra påvekst
Salinitet og fluktuasjoner i salinitet	1	dypvann, stabil 33 ppt	1	nei, dypvann	3	Stabilt sjøvann 34 ppt, men perioder med hyppig ferskvannsbehandling (1 time) mot Gyro	1	dypvann (110 m), stabil ca. 33 ppt
Temperaturregime og stabilitet	1	optil 2 g: 10 C, større fisk råvann: 5-9 C, stabilt dypvann	1	moderat, råvann 4-9 grader, stabilt dypvann	1	stabilt 8,5-8,9 grader, stabilt dypvann	2	stabilt 7,9 grader, dypvann
Risiko for høy CO2: tetthet, spesifikt vannforbruk	2	Relativt høy temperatur og god vekst. 1x utskifting per time for lite og stor fisk, tetthet liten fisk (opptil 2 g) 20 kg/m3, større fisk lavere tetthet	2	I perioder (1 mnd) sammentrengning i kar med O2	1	nei, ikke oksygenering, lav tetthet	1	1x time vannutskifting på lav tetthet, ikke oksygenering
Oksygenering, intensitet/overmetning innløp	2	Opptil 110-115 % i innløpsvann, 80-95 % i utløp. Ikke oksygenering under trykk	2	noe oksygenering i perioder (tidlig yngel)	1	nei, oksygenering kun ved ferskvannsbehandling, 70-90 %	1	ikke oksygenering, lav tettehet
Temperaturovergang ger ved utsett i sjø	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt
Lysregime og lysintensitet	1	LD24:0, lav intensitet	1	LD24:0, lav intensitet	1	LD24:0, lav intensitet	1	LD24:0, svært lav intensitet
Fôr og fôringsrutiner	1	automat, kont, regulert med apetittfôring	1	kontinuerlig, automat	1	koninuerlig, automat	1	koninuerlig, automat

Gruppe	S1		S2		S3		S4	
Fiskestørrelse (g)	169 g	Vurderingsgrunnlag	32 g	Vurderingsgrunnlag	100 g	Vurderingsgrunnlag	32 g	Vurderingsgrunnlag
Spyling av nøter	3	1-2 ukers mellomrom	2	hver 3. uke	2	hver 3. uke	3	hver 14. dag
Håndtering, prøvetaking, flytting, sortering, håving	3	**5 avlusninger i anlegget!!**	3	prøvetaking hver 2-3. uke	2	1 avlusing (slice), 1 mageskylling og veiing per mnd	3	lite, men flere prøvetakinger av rognkjeks (mageskylling?)
Erosjoner, sår, skader	2	kun 2 fisk med lyter	0	Ikke sår på undersøkt fisk	0	ikke sår	3	40 % med sår/lyter
Veksthastighet	1	usikker, moderat, ikke taperfisk	1	usikker, moderat, ikke taperfisk	1	usikker, moderat, ikke taperfisk	1	usikker, moderat, ikke taperfisk
Formalinbehandling	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt
Fiskehelse generelt	3	Spesielt utbrudd av Atypisk furunkulose gitt forøket dødelighet og spredning av dødelighet, registrert dødelighet 20 %, men sannsynligvis høyere (utsett fisk tre ganger)	1	ikke sykdom, men påvist vintersår (Moritella), dødelighet 20 %, noe sårutvikling.	2	Høy dødelighet første 2 mnd etter utsettVibrio logei og - splendidus i enkeltfisk. Funn av sopphyfer og påvisning av gjellebetennelse hos to fisk.	3	Atypisk furunkulose, over 70% dødelighet
UV-behandling, plassering UV	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt
Salinitet og fluktuasjoner i salinitet	1	lite variasjon, sjø	1	lite variasjon, sjø	1	lite variasjon, sjø	1	lite variasjon, sjø
Temperaturregime og stabilitet	1	naturlig varierende, moderate, Troms, liten fluktuasjon, naturlig/sesongvariasjon	1	utsett 6. oktober, 9,1 C, avtakende deretter, liten fluktuasjon, naturlig/sesongvariasjon	1	Ustett mai, 7,5 C, deretter naturlig temp Troms (lav), liten fluktuasjon, naturlig/sesongvariasjon	1	vår, sommer høst, "gode" temperaturer, liten fluktuasjon, naturlig/sesongvariasjon
Risiko for høy CO2: tetthet, spesifikt vannforbruk	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt
Oksygenering, intensitet/overmetning innløp	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt	0	ikke aktuelt
Temperaturovergang ger ved utsett i sjø	2	variabelt, den minste fisken sannsynlivis liten temp overgang	1	overgang fra ca. 8 grader til utsett 6. oktober, 9,1 C	1	Ustett fra yngelanlegg ca 8 grader til sjø mai, 7,5 C	1	8 grader ved utsett i sjø, ca. samme som yngelanlegg
Lysregime og lysintensitet	1	naturlig lys, nord	1	naturlig lys, nord	1	naturlig lys, nord	1	naturlig lys, midtnorge
Fôr og fôringsrutiner	1	Amber Neptun, daglig hånd og automat	1	Amber Neptun 1,5 mm, 1 måltid daglig, 25/kg	1	Amber Neptun 1,5 og 2 mm. Automat, første 60 dager 4 kg/dag, deretter 4-6 kg/dag, unntak helg	1	3 dager i uken, 12 time/dag, automat og håndfôring, Sannsynligvis for sjeldent for liten fisk, spesielt i stor merd

8.4 Bilder av den undersøkte rognkjeksen



Til venstre: Stor rognkjeks med katarakt Til høyre: Liten rognkjeks med katarakt.

8.5 Oversikt over sår og lyter på den undersøkte rognkjeksen.

Gruppe/fisk nr:	LL1	LL2	LL3	LL4	LS1	LS2	LS3	LS4	S1	S2	S3	S4	Villfisk
1	0	0	0	0	0	Sår i overant av begge øyne og ved ryggfinnene	Blære på sugekoppen	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	Sår ryggfinnen	* mulig keratitt, lite	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	Finneslitasje halefinne. Sår i overant av begge øyne. Sår ved ryggfinnen. Venstre øye litt svullent	Sår over venstre øye	0	0	0	0	Exofthalmi begge øyne, sår ved munnen	0
4	0	0	0	0	0	Sår i overkant av begge øyne.	0	0	0	0	0	sår ved munnen	0
5	0	0	0	0	0	Sår i overkant av begge øyne.	0	Keratitt i øynene	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	Finneslitasje halefinne. Sår på ryggfinnen og over venstre øye. Expfthalmi venstre øye.	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	Mulig keratitt	Sår på ryggfinnen.	0	0	0	0	0	mangler en linse	0
8	0	0	0	0		Sår på ryggfinnen samt over begge øyne.	0	0	0	0	0		0
9	0	0	0	0	Haleslit.	Sår ryggfinnen	0	0	0	0	0	sår kjeven	0
10	0	0	Kule i kule	0	0	Sår ryggfinnen	0	0	0	0	0	sår på sugekoppen	0
11	0	0	0	0	Haleslit.	Sår på ryggfinnen og over venstre øye.	0	Keratitt i øynene	0	0	0	Hvite byller på lever	0
12	0	0	0	0	Haleslit.	Sår på ryggfinnen	Lite pigment før en ser	Keratitt i øynene	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	Sår på ryggfinnen samt over begge øyne.	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	Sår over begge øyne	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	Finneslitasje halefinnen. Sår over venstre øye, sår på ryggfinnen samt småblødninger i høyre øye	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	keratitt	0						0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	skade på ytterkant av øyet	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	skade på	0
22	0	0	0	0	0	Finneslitasje halefinne			0	0	0	Exofthalmi og keratitt, umulig å få se	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Ødelagt	0
25	0	0	0	0	0	0	kule i kule	0	0	0	0	0	0
26	0	0	Kule i kule	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Øyeskade	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mager,	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	exofthalmi	0

8.6 Samletabell for karakteristikker av alle grupper og replikater.

Familie	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b
Merd nr.	1	8	3	8	4	7	6	9	4	7	2	5	2	3	1	6	5	9
Prevalens start	20 %	20 %	20 %	10 %	20 %	20 %	10 %	10 %	20 %	20 %	10 %	10 %	10 %	20 %	10 %	0 %	10 %	10 %
Prevalens slutt	20 %	50 %	30 %	20 %	20 %	0 %	10 %	10 %	10 %	20 %	0 %	10 %	10 %	10 %	30 %	10 %	60 %	50 %
Score start	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0	0,2	0,3
Score slutt	0,8	1,3	0,7	0,9	0,6	0,9	0,1	0,2	0,3	0,2	0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	1,3	1,7
Startvekt	193	179	120	125	187	170	158	145	229	215	163	152	152	146	190	179	178	164
Sluttvekt	549	503	431	532	537	470	441	436	560	514	514	525	500	513	552	479	482	429
SGR	1,31	1,3	1,61	1,57	1,34	1,32	1,35	1,44	1,13	1,23	1,47	1,59	1,53	1,55	1,37	1,3	1,25	1,28
Dødelighet	10 %	9 %	20 %	0 %	5 %	17 %	20 %	35 %	20 %	39 %	5 %	0 %	10 %	30 %	0 %	9 %	20 %	39 %
Andel med tørrfôr i magen (slutt)	71 %	31 %	44 %	38 %	57 %	59 %	75 %	42 %	31 %	35 %	39 %	71 %	53 %	55 %	48 %	38 %	81 %	56 %
Andel med lus i magen (slutt)	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lusepåslag, laks, slutt, totalt	0,23	0,03	0,03	0,03	0,17	0,17	0,17	0,37	0,17	0,17	0,23	0,13	0,23	0,03	0,23	0,17	0,13	0,37