

Petrine Øien Blomvik
Ina Nygaard Røkkum
Ina Aleksandra Ødmann

Ikke-inngripende metode for å undersøke dybdefordeling og atferd hos rognkjeks i kommersiell laksemerd

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon
Veileder: Grete Hansen Aas
Medveileder: Håvard Kaland
Mai 2023

Petrine Øien Blomvik
Ina Nygaard Røkkum
Ina Aleksandra Ødmann

Ikke-inngripende metode for å undersøke dybdefordeling og atferd hos rognkjeks i kommersiell laksemerd

Bacheloroppgave i Biomarin Innovasjon
Veileder: Grete Hansen Aas
Medveileder: Håvard Kaland
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for biologiske fag Ålesund



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Lakselus er en stor utfordring i oppdrettsnæringen. Benyttelsen av rensefisk er en av flere metoder for å bekjempe lakselus og en mer skånsom metode for laksen. Rognkjeks er den mest anvendte rensefiskarten. Dokumentasjon av rognkjeks som lusespiser er derimot vanskelig.

For å studere dybdefordeling og atferd til rognkjeks i samspill med laks, ble det gjennomført filming i en kommersiell merd over en periode på tre dager i februar. For å undersøke fordeling av rognkjeks i merden ble det benyttet fem posisjoner. Bestemte atferdskategorier ble utviklet og manuelt registrert under analyse av videopptakene. Varigheten av videopptakene varierte, og dette ble tatt i betraktning i videre analyser.

Totalt ble det observert 16 150 rognkjeks og laks. Av de 1210 observasjonene av atferd hos rognkjeks ble 85% registrert som fastsittende i skjul. Dybdefordeling viste at flest rognkjeks oppholdt seg i de øvre vannmassene i merden og gjenspeiles i antall rognkjeks fast i øvre del av skjulet. Tilgangen på mat hadde stor innvirkning på atferd, dybde- og fordeling av rognkjeks. Det strategiske valget i jakten på mat førte til at rognkjeks befant seg ved flere posisjoner og et klart høyere antall rognkjeks var ved fôringsautomat. Observasjoner av inspeksjon var begrenset (3%), og det var ikke mulig å bekrefte at rognkjeks spiste lus i løpet av forsøksperioden. Lusespising fant ikke sted da laksen oppholdt seg lenger ned i merden, og overlapping av artene var begrenset.

Abstract

Sea lice infection is a significant challenge in aquaculture. The use of cleaner fish is one of several strategies to combat sea lice, providing a gentler method for the well-being of salmon. The lumpfish is the most used species of cleaner fish. However, the documentation of the cleaning efficiency to lumpfish is difficult.

To study the depth distribution and behavior of lumpfish in relation to salmon, filming was conducted in a commercial sea-cage over a three-day period in February. Five positions were used to investigate the distribution of lumpfish. Specific behavioral categories were developed and manually documented during the analysis of the video content. The varying durations of the video content were taken into consideration in subsequent analyses.

In total, 16 150 lumpfish and salmon were observed. Of the 1210 behavioral observations of lumpfish, 85% were documented being stationary in shelters. The depth distribution revealed that the majority of lumpfish resided in the upper water column of the sea-cage. Access to food had a significant impact on the behavior, depth, and distribution. The choice in strategy in search for food resulted in lumpfish being present at multiple positions, with a noticeably higher number of lumpfish near the automatic feeder. Inspections were limited (3%), and it was not possible to confirm that the lumpfish were consuming sea lice during the study period. Lice feeding did not occur as the salmon was positioned further down, and there was limited overlap between the species.

Forord

Studien er et pilotprosjekt i forbindelse med SpisLus som har som hovedmål å dokumentere betingelser som påvirker effektiviteten til rognkjeks og berggyllt som lusespisere.

Vi ønsker med dette forsøket å bidra til økt kunnskap om samspillet mellom rognkjeks og laks i kommersielle merder.

Mye av velferden i oppdrettsnæringen fokuserer på laksefisken, og rognkjeksens faller utenfor disse rammene. Grunnet vår studieretning falt valget naturlig på et tema innen akvakultur, som omhandler rognkjeksens atferd og vandringsmønster.

En stor takk går til våre veiledere, Grete Hansen Aas og Håvard Kaland, for god oppfølging og deres profesjonelle hjelp under feltarbeid og for den akademiske utformingen. Videre vil vi takke Christian Stolz for uvurderlig innsats under utførelsen av forsøket. Til slutt vil vi takke driftsleder Chriss Jarle Beitveit, hos SalMar, lokalitet Furneset, for å la oss disponere anlegget til forsøket og for å dele avgjørende informasjon.

Innholdsfortegnelse

1 Introduksjon	3
1.1 Oppdrett av laks	3
1.2 Atferd hos laks i merd.....	3
1.3 Lakselus	4
1.3.1 Lusehåndtering.....	6
1.3.2 Biologisk avlusningsmetoder	6
1.4 Rognkjeks	7
1.4.1 Rognkjeks i akvakultur	7
1.4.2 Lusespising.....	9
1.4.3 Atferd og dybdefordeling.....	9
1.5 Problemstilling.....	10
2 Material og metode.....	11
2.1 Lokalitet.....	11
2.1.1 Laks.....	11
2.1.2 Rognkjeks	13
2.2 Rigger	13
2.2.1 Kamera	15
2.3 Fremgangsmåte.....	15
2.3.1 Utsett ved skjul, korridor og kontrollposisjon	15
2.3.2 Fôrpose og fôringsautomat	16
2.3.3 Endring i metode.....	16
2.4 Analyse av rådata.....	17
3 Resultat.....	19
3.1 Registrering av antall rognkjeks og laks.....	19
3.2 Dybdefordeling	20
3.2.1 Rognkjeks og laks	20
3.2.2 Skjul, korridor og kontroll	20
3.2.3 Fôringsautomat, fôrpose og kontroll.....	21
3.3 Observasjon av atferdskategorier	22
3.3.1 Ved skjul og korridor.....	23
3.3.2 Kontroll, fôrpose og fôringsautomat.....	25

3.3.3 Sammenligning av atferd ved skjul, i korridor og kontroll.....	27
3.3.4 Tidsspesifikk inspeksjon	27
3.4 Observasjoner knyttet til «Annet»	28
3.4.1 Generelle observasjoner	29
4 Diskusjon.....	30
4.1 Metode	34
5 Oppsummering	35
Referanseliste	36
Vedlegg 1: Spørreundersøkelse fra Fiskehelse rapporten 2022	43
Vedlegg 2: Situasjonbilder fra merden	44

1 Introduksjon

1.1 Oppdrett av laks

Lakseoppdrett i Norge hadde sitt gjennombrudd på 1970- tallet (NOU, 2019). I norsk akvakultur er det atlantisk laks (*Salmo salar*) som dominerer (Fiskeridirektoratet, 2022). Det ble i 2021 solgt 1,55 millioner tonn laks (Fiskeridirektoratet, 2022). Oppdrett av laks er en næring i vekst, blant annet fordi Norge har et naturlig fortrinn med velegnede miljøforhold (Asplin et al., 2020; NOU, 2019)

Oppdrettsnæringen benytter hovedsakelig åpne merder (NOU, 2019). Bruk av åpne merder fører til utslipp av uorganiske og organiske partikler som kan påvirke miljøet rundt (Bergheim & Braaten, 2007; Grefsrud et al., 2022). Gjennomstrømming av vann kan i tillegg spre sykdom og parasitter over store områder (Grefsrud et al., 2022). Det er derfor etablert retningslinjer for avstander mellom akvakulturanlegg. Anbefalt minsteavstand mellom anleggene er 2,5 km eller 5 km, avhengig av maksimalt tillatt biomasse (Mattilsynet, 2017).

1.2 Atferd hos laks i merd

Laks har ulike preferanser når det gjelder miljøfaktorer og trives best i temperatursjiktet 16-18°C (Oppedal et al., 2011). Vekst hos laks er mest effektiv i vanntemperaturer mellom 13-17°C (Lorentzen, 2008). Temperaturer under 6-7°C kan føre til dårligere vekstforhold og atferdsmessige endringer (Noble et al., 2018). Laks er temperaturfølsomme, og på vinteren befinner laksen seg på dypere nivå i vannmassene enn på sommeren i merd (Oppedal et al., 2011).

Oksygennivået i vannet er en annen faktor som påvirker fiskevelferd. Lavt innhold av oppløst oksygen i vannet kan føre til redusert appetitt og påvirke metabolismen (Noble et al., 2018; Oppedal et al., 2011). Ved temperaturpreferansen til laks er det behov for et oksygennivå over 70% for å opprettholde god appetitt (Oppedal et al., 2011). Ved 40% oksygennivå påvirkes laksen i så stor grad at økt dødelighet kan inntreffe (Oppedal et al., 2011).

Andre faktorer som kan påvirke atferden hos laks er lysregulering og førmotivasjon. Kunstig belysning blir brukt for å hindre kjønnsmodning (Oppedal et al., 2011). Nedsenket lys trekker laksen dypere i merden, og kan redusere påslag av lakselus (Hevrøy et al., 2003; Oppedal et al., 2011). Under føring svømmer laksen opp mot overflaten, før den deretter beveger seg

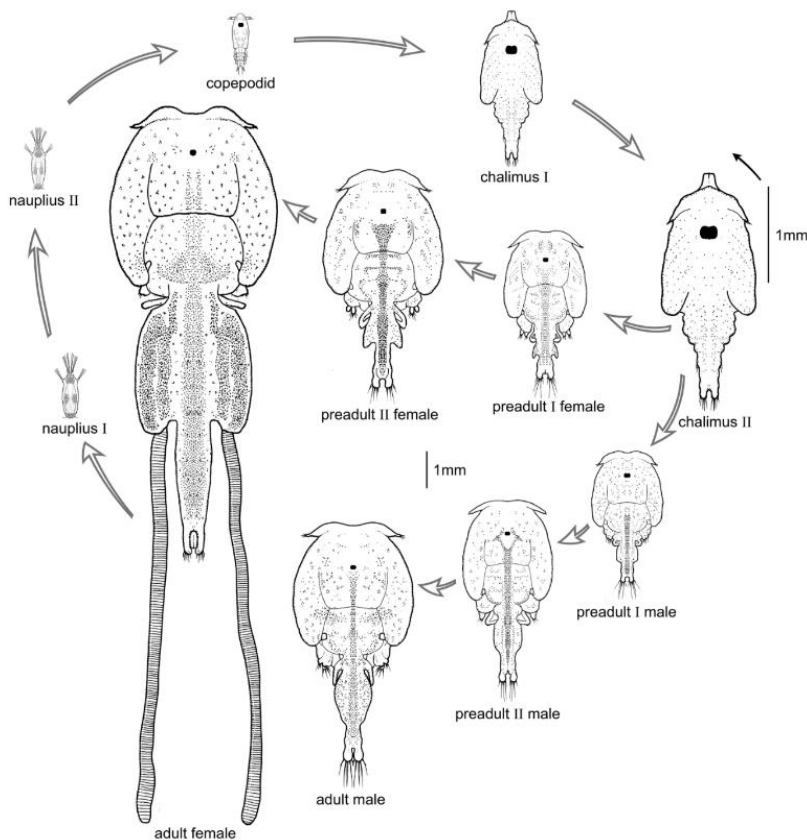
nedover i vannmassene på grunn av metthetsfølelse (Oppedal et al., 2011). Om våren vil derfor laksen trekke mot overflaten, grunnet økende appetitt (Oppedal et al., 2011).

Sykdom og lakselus er en biologisk risiko, som utgjør en av de største kostnadsfaktorene i næringen (Sommerset et al., 2023). Til sammenligning er kostnadene på lik linje med førkostnadene (Sommerset et al., 2023). Det er beregnet at 5 milliarder kroner i oppdrettsnæringen går til problemer knyttet til lakselus (Misund, 2022). Det pågående problemet med lakselus er fortsatt stort, til tross for mange år med forskning og innovasjon. Lakseoppdrett resulterer i høyt trykk av lus, både på oppdrettsfisken og villfiskbestandene (Barrett et al., 2020; Torrissen et al., 2013). Derfor beregnes lakselus som et av de mest alvorlige problemene i norsk akvakultur (Sommerset et al., 2023).

1.3 Lakselus

Lakselus (*Lepeohteirus salmonis*) er en ektoparasitt som finnes naturlig på den nordlige halvkule (Sommerset et al., 2023; Torrissen et al., 2013; Tully & Nolan, 2002). Den livnærer seg på slim, hud og blod fra verten (Costello, 2006; Hegglund et al., 2020; Sommerset et al., 2023). Lakselus kan forårsake blant annet stress og skade på skinnen til laksefisken (Bjørn et al., 2011; Tully & Nolan, 2002). Problemer med osmoregulering, infeksjoner og svømmeatferd er direkte konsekvenser (Barrett et al., 2020; Larsen & Vormedal, 2021). Dette kan medføre atferdsendringer og i verste fall død hos verten (Bjørn et al., 2011; Larsen & Vormedal, 2021).

Utvikling av livsstadiene og reproduksjon til lakselus er avhengig av blant annet temperatur og saltholdighet. Ved en salinitet mellom 20-25‰ er overlevelsen høyest (A. Brooker et al., 2018; Brooks, 2005). Livssyklusen består av åtte stadier (Fig. 1), hvor skallskiftet indikerer et nytt stadium (Borchel et al., 2022; Sommerset et al., 2023). I de tre første stadiene er lusen frittsvømmende i vannmassene (Borchel et al., 2022). Stadiene nauplius I og II er planktoniske og livnærer seg ikke på laksen. Videre utvikler den seg til stadiet copepoditt, hvor den fortsatt er planktonisk frem til infisering av laksefisken (Borchel et al., 2022). Ved de neste stadiene chalimus I og II er lusen fastsittende på verten ved bruk av spesialiserte frontalfilamenter (Costello, 2006). Deretter går den over til preadulte stadier før den blir kjønnsmoden, og kan reprodusere seg (Dalvin, 2018). Kjønnsmoden hunnlus produserer et par med eggstrenger, hvor hver eggstreng kan inneholde opptil 500 egg (Hamre et al., 2019).



Figur 1. De åtte stadiene til lakselusens livssyklus (SLRC, 2020).

Økende trykk av lakselus i oppdrettsnæringen, kan føre til økt dødelighet hos villaksen (Jansen et al., 2012; Larsen & Vormedal, 2021). På våren foretar laksesmolt vandring fra elven og ut til havet, og passerer ofte oppdrettsanlegg. Vandringen kan føre til påslag av lakselus, og kan dermed øke dødeligheten som følge av at smolten kun tåler 0,04-0,15 voksne lus/gram (Larsen & Vormedal, 2021).

I Norge er det fastsatte grenser for lusetall, og grensen er satt ut fra antall kjønnsmodne hunnlus gjennomsnittlig per fisk (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2013). I en seks ukers periode på våren, skal kjønnsmodne hunnlus ikke overstige 0,2. Resterende deler av året skal det ikke overstige 0,5 kjønnsmodne hunnlus (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2013; Larsen & Vormedal, 2021). Den lavere grensen om våren er satt for å beskytte utvandring av villaks (Sommerset et al., 2023). For å kontrollere lusenivåene skal lakselus telles hver 14. dag når sjøtemperaturen er under 4°C, og hver uke når temperaturen overstiger 4°C (Forskrift om lakselusbekjempelse, 2013).

På bakgrunn av problematikken med lakselus, ble det i 2017 innført et trafikklyssystem. Systemet baserer seg på tre ulike fargekoder, grønn, gul og rød (Dean et al., 2021). Ved grønn status kan man øke produksjonen, ved gul status kan man opprettholde nivået, mens ved rød status kan myndighetene nedjustere produksjonen (Dean et al., 2021; Sommerset et al., 2023).

1.3.1 Lusehåndtering

Et stort problem knyttet til lakselus er deres resistensutvikling (Sommerset et al., 2023). Lusen har utviklet resistens mot flere kjemoterapeutiske midler, og resistens mot ikke-medikamentelle metoder er bekymringsverdig (Coates et al., 2021; Denholm et al., 2002). Medikamentell behandling mot lakselus kan være kjemoterapeutisk bading eller tilsetningsstoffer i fôr (Overton et al., 2019). Som følge av resistens finnes det forebyggende tiltak, eksempelvis luseskjørt og laser (Sommerset et al., 2023). Luseskjørt på 5 meter har vist en positiv effekt med opptil 30% mindre lus, mens 10 meters skjørt har vist effekt opp til 80%. Ulempen ved bruk av denne metoden er dårligere miljø i merden, i form av dårligere oksygenmetning (Gentry et al., 2020).

Videre finnes det ikke-medikamentelle behandlinger i form av termisk-, mekanisk- og ferskvannsbehandling (Myhre Jensen et al., 2020). Slike behandlinger krever håndtering av laksen, som kan føre til stress og økt dødelighet (Overton et al., 2019; Sommerset et al., 2023).

1.3.2 Biologisk avlusningsmetoder

Rensefisk benyttes som et kontrollerende og biologisk tiltak mot lakselus (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Foss, et al., 2014). Det brukes fem forskjellige arter av rensefisk, og rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*) er en av artene som blir benyttet. De andre er leppefiskartene berggyllt (*Labrus bergylta*), bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*), gressgyllt (*Centrolabrus exoletus*) og grønngyllt (*Symphodus melops*) (Overton et al., 2019). Bruk av rensefisk er mindre stressende og mer skånsomt for laksen, men spørsmålet om velferd for rensefisken må tas i betraktning. Dødelighet hos rognkjeks er høy, og bakterielle infeksjoner er den største årsaken (Imsland et al., 2020). Det kan derfor diskuteres om rensefiskens velferd og sykdomsutfordringer blir ivaretatt i kommersielle merder. Hvorvidt rensefisken er effektiv nok som lusespiser, må også vurderes (Sommerset et al., 2023)

Leppefiskens metabolske aktivitet regnes som høyest når sjøtemperaturen er over 10°C, og synker når temperaturen faller under 6-8°C (Blanco Gonzalez & de Boer, 2017; A. J. Brooker et al., 2018). Dette gjør leppefisk mindre aktive i vinterperioder, og derfor er bruken begrenset

til kaldere klima (Blanco Gonzalez & de Boer, 2017; A. J. Brooker et al., 2018). Rognkjeks beiter ved temperaturer ned mot 4°C, og er derfor mer effektiv som lusespiser i vinterperiodene i forhold til leppefiskarter (Powell et al., 2018).

1.4 Rognkjeks

Rognkjeks finnes på den nordlige halvkule i kaldt temperert vann (Imsland & Reynolds, 2022; Mortensen et al., 2020). Arten oppholder seg i både kyst- og semi-pelagiske områder på ulike dyp, avhengig av dens livsfase (Hvas et al., 2018; Mortensen et al., 2020; Powell et al., 2018). På grunn av artens morfologi og manglende svømmeblære er svømmekapasiteten begrenset (Hvas et al., 2018; Johannesen et al., 2018). Karakteristisk for rognkjeks er deres effektive sugekopp på undersiden (Johannesen et al., 2018). Sugekoppen gjør det mulig å feste seg til overflater for å spare energi, skjerme seg mot strøm eller søke tilflukt (Hvas et al., 2018; Vandendriessche et al., 2007). I tillegg blir rognkjeks ofte observert på flytende tang i pelagiske områder (A. K. Imsland, P. Reynolds, G. Eliassen, et al., 2018).

Rognkjeks livnærer seg på dyreplankton og planktoniske organismer i de frie vannmassene, i tillegg til bentiske organismer tilknyttet tang (Hvas et al., 2018; Imsland & Reynolds, 2022). I det fri benytter rognkjeks seg av to strategier for predasjon; (1) bakholdsstrategi, hvor de fester seg til underlag og sjeldent beveger seg, bortsett fra når de spiser forbipasserende byttedyr. Og en (2) aktiv predasjon, hvor den svømmer gjennom vannmasser for å jakte på byttedyr (Killen et al., 2007). Arten er opportunistisk og benytter disse strategiene for å skaffe seg tilgang på mat, men også for å redusere energiforbruket (Hvas et al., 2018; Killen et al., 2007).

1.4.1 Rognkjeks i akvakultur

I 2022 ble det satt ut 30,3 millioner rensefisk, hvor omtrent halvparten var rognkjeks. Nesten all rognkjeks som blir brukt er oppdrettet. Rensefisk har helse- og velferdsmessige utfordringer ved utsett i kommersielle merder, som gjenspeiler nedgangen i antall individer satt ut for tredje året på rad (Sommerset et al., 2023). For å måle helse- og velferd i oppdrettsmerder brukes velferdsindikatorer (OVI). Disse benyttes i hovedsak for laks, mens for rognkjeks har det vært vanskelig å utvikle gode velferdsindikatorer (Sommerset et al., 2023).

Vaksinering, føring og tilgang til skjul er viktige faktorer for å bedre velferd. Likevel er det vedvarende høy dødelighet, og sykdoms- og velferdsutfordringer forblir store (Sommerset et al., 2023). For å kunne sikre bedre helse og velferd til rognkjeks i merd må

infeksjonssykdommer forebygges, og det kreves flere vaksiner med bedre effekt (Sommerset et al., 2023). En grunnleggende forutsetning for å oppnå god funksjon, helse og trivsel er riktig sammensetning av fôr og en optimal fôringsstrategi. Rognkjeks har en rask vekstrate, men egenskapen kan være negativ for rollen som lusespiser (Lein et al., 2021) fordi effektiviteten avtar når størrelsen til rognkjeks øker (Imsland, Reynolds, Nytrø, et al., 2016). Det er derfor avgjørende å finne en optimal fôringsstrategi for å maksimere deres evne til å bekjempe lakselus i merder. Vekst, livsstadier og miljøforhold er avhengig av næringsbehovet (Lein et al., 2021).

Fôringspraksis involverer ofte bruk av fôringsautomat, hvor fôret spres jevnt i et begrenset område av merden (A. K. Imsland, P. Reynolds, T. A. Hangstad, et al., 2018). Dette kan bidra til en mer effektiv fôringsatferd med mindre søking for rognkjeks (Johannesen et al., 2018). Fôrblokk kan brukes for å øke samspillet mellom rognkjeks og laks, ved å trekke rognkjeks til områder med mer laks (A. K. Imsland, P. Reynolds, T. A. Hangstad, et al., 2018). I slike tilfeller må fôrblokken være tilpasset rognkjeks, da munnen til rognkjeks er avrundet og tennene ikke stikker ut. Kanter på fôrblokken vil føre til at rognkjeks lettere kan ta til seg næring (A. K. Imsland, P. Reynolds, T. A. Hangstad, et al., 2018).

Skjul benyttes primært som hvileområde når rognkjeks ikke jakter på mat (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Nytrø, et al., 2014; Imsland et al., 2015a). Plassering av skjul er derfor viktig for tilgjengeligheten til fôr. Velegnede skjul og optimale fôringsstrategier fører til mindre aggresjon mellom rognkjeks (Johannesen et al., 2018). Skjul kan bedre velferden ved å redusere eksponering for potensiell predatorisk atferd, som forekommer i merden (Johannesen et al., 2018). Rensefisk kan være mer utsatt for bitt i åpne områder og oppholder seg derfor oftere i skjulkorridor og ved notvegg (Espmark et al., 2019). Det er derimot liten forekomst av intra- eller interspesifikk aggresjon (Imsland, Reynolds, Eliassen, et al., 2016). Rognkjeks har fått påvist lav grad av stressrespons. Det antas at dette skyldes den evolusjonære tilpasningen til stress og fare, hvor rognkjeks ikke flykter, men suger seg fast og gjemmer seg (Espmark et al., 2019).

Rognkjeks har preferanser for vanntemperatur, salinitet og oksygen, henholdsvis 7-16°C, 30-35‰ og oksygenmetning over 80% (Garcia de Leaniz et al., 2022). Det har blitt undersøkt at rognkjeks i Norge foretrekker en temperatur på $6,2 \pm 1,2^\circ\text{C}$ i sør, mens rognkjeks lenger nord foretrekker en temperatur på $6,9 \pm 1,8^\circ\text{C}$ (Mortensen et al., 2020).

Tapstall for rensefisk er en utfordring i næringen. Eksakte dødelighetstall foreligger ikke per i dag, men dødeligheten meldes som høy fra fiskehelsepersonell som benytter rensefisk som lusespiser (Sommerset et al., 2023). Dødelighet for rognkjeks som settes ut i kommersielle merder har vært oppe i 27% eller mer (Garcia de Leaniz et al., 2022). Resultater fra spørreundersøkelse i forbindelse med Fiskehelse rapporten 2022, viste at ikke-medikamentell avlusning og håndtering er blant de største årsakene til dødelighet og redusert velferd for rognkjeks (Vedlegg 1)(Sommerset et al., 2023).

1.4.2 Lusespising

Rognkjeks settes ut når den er rundt 25 gram, og forblir i merden under hele lakseproduksjonen inntil rognkjeks veier rundt 500 gram (Ageeva et al., 2021). Forskning viser ikke noe entydig resultat angående rognkjeks som avlusningsmetode, der effekten varierer mellom 9-97% (Garcia de Leaniz et al., 2022).

Eliassen et al. (2018) undersøkte i storskalamerder på Færøyene mageinnholdet til rognkjeks. Studien viste at sesong hadde stor påvirkning på lusespiseeffekten hos rognkjeks. I månedene mai, juni og juli var tilgangen til dyreplankton høyere, som hadde en negativ effekt på lusespising, som følge av at dyreplankton ble foretrukket. Derimot viste biobegroing at rognkjeks fikk økt effektivitet som lusespiser. I deres studie var forekomsten av lakselus høyere for rognkjeks under 50 gram med groe i magen (Eliassen et al., 2018).

Forsøk fra småskalamerder hvor mageinnholdet har blitt undersøkt, viser lignende resultater som studien fra Færøyene. Høyest effektivitet av lusespising var hos rognkjeks mellom 40g til 140g (Imsland et al., 2021).

Bruk av rognkjeks har vist en reduksjon av voksne hunnlus på 93-97% (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Foss, et al., 2014). Merder som hadde en innblandingsprosent av rognkjeks på 6% og 8% hadde lavere tall for voksne hunnlus. Kontrollmerdene hadde derimot en økning med 0,3 voksne hunnlus per laks (A. K. D. Imsland et al., 2018).

1.4.3 Atferd og dybdefordeling

I Skottland ble det utført en studie om rognkjeksens svømmeatferd ved temperaturer mellom 7-9°C, ved bruk av akustisk telemetrisystem (Leclercq et al., 2018). Det ble undersøkt om rognkjeks befant seg i hjørner, ved merdkant, i senter eller i skjulkorridor i merden. Skjulkorridor ble mest benyttet av rognkjeks på natten, og rognkjeks oppholdt seg i øvre del av vannsøylen i motsetning til leppefisk. På grunn av den horisontale og vertikale vandringen, varierte rognkjeksens dybde- og fordeling seg i merden. Rognkjeks befant seg mindre i

skjulkorridor på dagen (35,2%), i forhold til på natten (50,1%). På dagtid var flest rognkjeks langs merdkanten (28,5%) og hjørnene (27,5%), i motsetning til på natten (23,6% og 19,1%). Flest rognkjeks befant seg på dybdene mellom 5-10 meter om dagen (41,7%), mens 39,6% befant seg over 5 meter (Leclercq et al., 2018).

På grunn av manglende svømmeblære, kan problemer med oppdrift oppstå, som kan gi problemer med å endre posisjonen i vannsøylen. Som et resultat vil rognkjeks være tilstede i et begrenset område i merden (Garcia de Leaniz et al., 2022). En studie utført av Geitung et al. (2020) benyttet seg av kamera for å undersøke dybdefordeling i en vinterperiode. Flertallet av rognkjeks oppholdt seg på en dybde mellom 0-3 meter (Geitung et al., 2020). Dybdepreferanser hos rognkjeks og laks er studert hver for seg, men det mangler forskning som undersøker hvordan dybdefordelingen hos de to artene påvirker samspillet.

1.5 Problemstilling

I dette forsøket skal det undersøkes interaksjon mellom rognkjeks og laks i en kommersiell merd ved bruk av kamera. Hypotesen er at det forekommer interaksjon mellom rognkjeks og laks i nærheten av skjul. Hensikten med forsøket er å undersøke dybdefordeling av rognkjeks og laks, og kartlegge atferd hos rognkjeks.

2 Material og metode

2.1 Lokaltet

Filming av atferdsmessige interaksjoner av rognkjeks i åpne merder med atlantisk laks ble utført på et av SalMars anlegg i Møre og Romsdal. Oppdrettsanlegget er lokalisert ca. 2 km nord for Vestnes, sør i Tresfjorden, like utenfor Furneset (62,6461°N, 7,101183° Ø). Forsøket ble gjennomført over tre dager på en merd, den 01.02.2023, 14.02.2023 og 21.02.23 klokken 10.00-16.00 alle dager. Dagene vil henholdsvis betegnes som; feltdag 1, 2 og 3.

Omkretsen til merden var 160 meter, og hadde omkringingliggende finmasket luseskjørt på 5 meter. Rognkjeks hadde tilgang til to paralleller med skjulkorridor. Hvert skjul strakte seg 12 meter vertikalt, nedover i vannsøylen, og hver parallell hadde 12 separate remser med «tare». Skjulene dannet korridorer hvor laks kunne svømme gjennom. Merden var installert med lys for å styre kjønnsmodning hos laks. På bakgrunn av begroing ble notposen på merden rengjort ved feltdag 1. Rengjøring forekom ikke i resterende forsøksperiode.

2.1.1 Laks

All laks i merden stammet fra SalMar sitt eget settefiskanlegg på Follafoss. Smolten som ble satt ut den 12.04.2022 hadde en vekt på 140-150g. Behandling gjennomført på laks før første feltdag bestod av oral forbehandling med virkemiddelet Emamectinbenzoat i uke 30-31 i 2022. En rengjøringsbehandling med Ectosan av pre-adulte og adulte lus ble utført i løpet av uke 33-34. Villfanget berggyllt ble satt ut 1.september 2022, og deretter fisket ut. Laksen hadde fått påvist multifaktorielle gjelleproblemer, AGD, og dermed var appetitten både før og under feltdagene redusert.

Det ble uthentet en rekke miljøparametere for de tre feltdagene, som oksygen, salinitet og sjøvannstemperatur fra driftsleder (Tabell 1). I tillegg ble vindstyrke og temperatur i luften hentet fra værmeldingene (Tabell 1).

Temperaturen i vannet lå mellom 5,5-6,5°C, saliniteten var stabil på 31,6‰ og oksygenivået varierte mellom 94-98% under forsøket. Det var lite vind ved feltdagene, med en gjennomsnittlig vindstyrke på 2,4 m/s til 3,5 m/s (Tabell 1).

Tabell 1. Miljøparametere og værforhold for de ulike feltdagene. Vindstyrke og temperatur er beregnet ut fra et gjennomsnitt mellom kl. 10.00-16.00.

Feltdag	1	2	3
Oksygen	94-98%	95 %	98 %
Salinitet 1 m	31,60 ‰	31,60 ‰	31,60 ‰
Sjøvannstemperatur 1 m	5,5 °C	6 °C	
Sjøvannstemperatur 5 m	6,4 °C	6 °C	5,7 °C
Sjøvannstemperatur 12 m	6,5 °C	5,9 °C	5,6 °C
Vindstyrke gj. snitt	2,4 m/s	3,5 m/s	2,7 m/s
Temperatur i luften gj. snitt	0,6 °C	3,5 °C	2,8 °C

Informasjon om laksens biomasse og fôring for de aktuelle ukene hvor feltdagene ble utført, ble hentet fra lokalitetsportalen på Furneset (Tabell 2). Dødeligheten for laks lå mellom 0,14-0,33% i forsøkets periode. Vekten hos laks økte fra 2326 g ved første feltdag til 2461 g ved siste feltdag (Tabell 2).

Tabell 2. Informasjon om laksens biomasse fra den undersøkte merden. Informasjon er hentet fra anleggets lokalitetsportal.

Feltdag	1	2	3
Dødelighet for laks	0,33 %	0,33 %	0,14 %
Antall	195 870	195 320	195 227
Gjennomsnittlig laksevekt	2326 g	2412 g	2461 g
Daglig utfôring (%)	0,31%	0,34%	0,35%
Biomasse (kg)	442 000 kg	461 853 kg	470 500 kg

Lusetall ble innhentet fra anlegget, og forsøket ble gjennomført i uke 5, 7 og 8. I merden ble det telt lus på 20 laks ukentlig. Lusetallene for fastsittende var 0-0,95, bevegelige var 0,10-1,10 og kjønnsmodne var 0-0,10 (Tabell 3).

Tabell 3. Snitt av lusetall for den undersøkte merden fra uke 1-8. Informasjon innhentet fra driftsleder ved anlegget.

Uke	1	2	3	4	5	6	7	8
Antall fisk i telling	20	20	20	20	20	20	20	20
Snitt fastsittende	0	0,10	0,15	0,05	0,10	0,10	0,95	0,15
Snitt bevegelig	0,20	0,35	0,25	0,10	0,05	0,80	1,10	0,80
Snitt kjønnsmoden hunnlus	0,05	0	0,05	0	0	0,05	0,10	0,10
Snitt	0,15	0,15	0,25	0,10	0,15	0,95	2,15	1,05

2.1.2 Rognkjeks

Utsett av rognkjeks i merden ble gjort i to omganger. Første utsett på omtrent 8000 rognkjeks ble satt ut 11.05.2022, hvor $\frac{3}{4}$ døde. Andre utsett på 12 987 individer ble satt ut 20.10.2022. Som følge av den akkumulert dødeligheten hos rognkjeks på omtrent 40% i den undersøkte merden, var gjenværende antall rognkjeks i merden på 9010. Innblandingsprosenten i forsøksperioden var derfor på 5%. Det bør nevnes at utsett av rognkjeks skjedde før påvisning av AGD hos laksen. Fôring foregikk over automat og fôrposer, men driftsleder informerte om at de ikke spiste på fôrpose.

2.2 Rigger

Rigg 1, 2 og 3 var konstruert relativt likt. De var konstruert med PVC-rør med tre kamerahus festet i bunnen av røret. Kameraene var orientert med en nært overlappende synsvinkel, slik at de filmet 360°. Lodd var påmontert i bunnen, og seilet laget i pleksiglass var montert på PVC-røret. Riggene hadde festningsmuligheter for tau i øvre del (Fig. 2). Riggene var utformet av Stig Atle Tuene.



Figur 2. Oppbyggingen av rigg 1, 2 og 3 bestående av PVC-rør, tre påmonterte kamerahus og lodd i bunn.

Rigg 4 og 5 var konstruert likt, hvor kamerahuset var festet i øvre del av pleksiglasset og lodd var festet med sener i nedre del. Riggene hadde festningsmuligheter for tau i øvre del (Fig. 3).



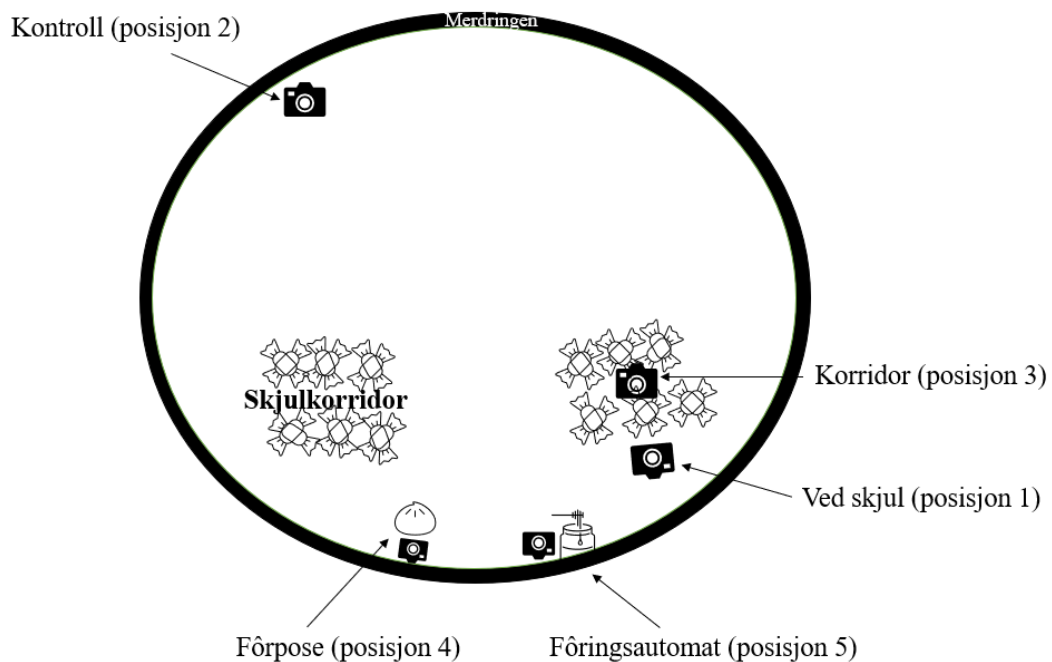
Figur 3. Oppbyggingen av rigg 4 og 5. Pleksiglass utgjorde riggen, hvor kamerahus var påmontert i toppen, og lodd var festet med sener i bunnen.

2.2.1 Kamera

Videoinnhenting ble gjort med kamera av typen GoPro Hero 8, som ble montert på rigger i vanntette kamerahus. Filmingen foregikk i horisontal retning. Kamerainnstillinger som ble anvendt under videoopptak var; RES/FPS: 1080/60, Lens: Wide, Hypersmooth: On, ISO Min: 100, ISO Max: 1600 og Zoom 1.0x. For å skille kameraene fra hverandre, med tanke på posisjon og dybde, ble de markert med bokstaver og tall.

2.3 Fremgangsmåte

Videoopptak innhentet fra merden varierte mellom fem ulike posisjoner over de tre feltdagene. Rigg 1, 2 og 3 ble benyttet alle feltdagene til posisjon ved skjul (posisjon 1), kontrollposisjon (posisjon 2) og skjulkorridor, heretter kalt korridor (posisjon 3). Rigg 4 og 5 ble benyttet til fôrpose (posisjon 4) og fôringsautomat (posisjon 5) (Fig. 4).



Figur 4. Posisjoner til de ulike riggene brukt under forsøksperioden.

2.3.1 Utsett ved skjul, korridor og kontrollposisjon

Tau ble festet over skjul og i korridor (Fig. 4). For å filme på ulike dybder ble det benyttet tau med bestemt lengde 3, 5, 7 og 10 meter som var festet i trinsehjul. Trinsehjulet var allerede festet på tauet. Ved hjelp av line ga dette mulighet for å bestemme riggens posisjon ved å dra riggene frem og tilbake på tauet. Formålet med bruk av trinsehjul og line var å posisjonere

riggen optimalt. Kamera som var satt i kamerahusene ble slått på før riggen ble senket ned i merden til en bestemt dybde. Utsett varte fra 30 minutter, eller eventuelt til batteriets levetid tok slutt. Batteriskift ble gjennomført, og samme prosedyre for utsett ble repetert.

Kontrollposisjon ble satt ut på motsatt side av merden uten tilstedeværelse av fôringsautomat, fôrpose eller skjul (Fig. 4). Riggen ble senket ned omtrent 1 meter fra notveggen, til dybdene 5 og 10 meter i hver sin omgang. Tid på utsett varierte fra 45-75 min.

2.3.2 Fôrpose og fôringsautomat

Rigg 4 og 5 ble festet med tau og senket ned til 1-2 meters dyp. Tauet ble festet til rekkverket og sto til batteritiden tok slutt.

2.3.3 Endring i metode

Ved feltdag 1 ble det utført ett utsett av kontroll på 5 og 10 meter, og ett utsett ved skjul på 5 og 10 meter. Som følge av lite rådata ble det utført endring i metode for feltdag 2. Endringen bestod i å legge til filming av 3 og 7 meter ved skjul. For å kunne hente inn mer informasjon om fordeling av rognkjeks ble det også filmet ved fôringsautomat og fôrpose. Ny metode for feltdag 3 var filming i korridor på 3, 5 og 7 meter (Fig. 4 og Tabell 4).

Tabell 4. Oversikt over hvilke posisjoner og dybder som ble benyttet for de ulike feltdagene. Gul fargekode viser til metode for feltdag 1, grønn for feltdag 2 og blå for feltdag 3. X viser at det mangler opptak som følge av avvik.

Posisjon	Ved skjul			Kontroll			Korridor			Fôrpose		Fôringsautomat	
Feltdag 1													
Feltdag 2													
Feltdag 3													
Dybde 3 meter													
Dybde 5 meter	X												
Dybde 7 meter													
Dybde 10 meter													
Dybde 1-2 meter											X		

2.4 Analyse av rådata

Videopptak ble overført fra SD-kort til harddisk for videre analyse i dataprogrammet BORIS v. 7.13.9. Totalt ble det analysert 46,5 timer med videopptak der atferdsmessige interaksjoner av rognkjeks ble registrert ut fra forhåndsbestemte atferdskategorier (Tabell 5). Totalt var det 14 ulike atferdskategorier med tilhørende beskrivelser. Beskrivelsen var en veiledning for å registrere riktig kategori. «Enkel» ble registrert som kun en enkelt observasjon, mens «tidsspesifikk» var registrering av en observasjon fra start til slutt. Registrering av ulike kategorier ble anvendt i ulike posisjoner (Tabell 5). Situasjonbilder fra forsøket kan ses i vedlegg 2.

Tabell 5. Atferdskategorier brukt til å registrere atferd og beskrivelse for registreringen. Atferdskategoriene er registrert som tidsspesifikk eller enkel. Tabellen viser hvilke posisjoner de bestemte atferdskategoriene er benyttet til.

Atferdskategorier	Beskrivelse	Type observasjon	Posisjon
Rognkjeks svømmer til skjul for å hvile	Rognkjeks svømmer til skjul, og legger seg ned for å hvile	Tidsspesifikk	1 og 3
Rognkjeks spiser pellets/fôr	Observasjon av rognkjeks som spiser fôr i form av pellets eller napper på fôrpose	Enkel	4 og 5
Rognkjeks inspiserer laks	Rognkjeks beveger seg tydelig mot laks, eller øker svømmehastighet for å komme seg nærmere laks	Tidsspesifikk	1, 2, 3, 4 og 5
Rognkjeks hviler på notvegg	Rognkjeks observert fastsittende på notvegg	Enkel	2
Rognkjeks fast i skjul	Rognkjeks observert fastsittende på skjulet	Enkel	1 og 3
Rognkjeks beiter på skjul	Rognkjeks observert beitende på alger eller begroing på skjul	Enkel	1 og 3
Rognkjeks beiter på notvegg	Rognkjeks observert beitende på alger eller begroing på notvegg	Enkel	2, 4 og 5
Kontakt mellom laks og rognkjeks	Forekommer en fysisk kontakt mellom rognkjeks og laks	Tidsspesifikk	1, 2, 3, 4 og 5

Fluktrespons	Rognkjeks som tydelig endrer svømmeadferd eller retning grunnet laksens bevegelse	Enkel	1, 2, 3, 4 og 5
Antall rognkjeks langs notvegg	Observasjon av all rognkjeks svømmende langs eller i nærheten av notveggen	Enkel	2, 4 og 5
Antall rognkjeks	Observasjon av all rognkjeks i eller ved skjulet. Rognkjeks langs notvegg ble ikke registrert her.	Enkel	1 og 3
Antall laks	Observasjon av all laks i skjulkorridor, eller laks svømmende ut fra korridor	Enkel	1 og 3
Antall frittsvømmende rognkjeks	Observasjon av all rognkjeks som ikke befinner seg langs notveggen	Enkel	2
Annet	Annen observasjon eller oppførsel verdt å merke seg	Enkel	1, 2, 3, 4 og 5

Registreringene av atferdskategoriene som er beskrevet i Tabell 5, ble deretter lagt inn i Excel som rådata for videre informativ behandling og numeriske sammenligninger. På de ulike posisjonene var filmtiden forskjellig. For å kunne sammenligne antall observasjoner for de ulike posisjonene og dybdene, ble data standardisert med å dele antall på minutt.

Tabell 6. Tidslengden på videoopptakene for de forskjellige posisjonene.

Posisjon	Tidslengde videoopptak (min)
Utenfor skjul	1316
Kontroll	647
I korridor	616
Fôrpose	67
Fôringsautomat	144
Total lengde	2790

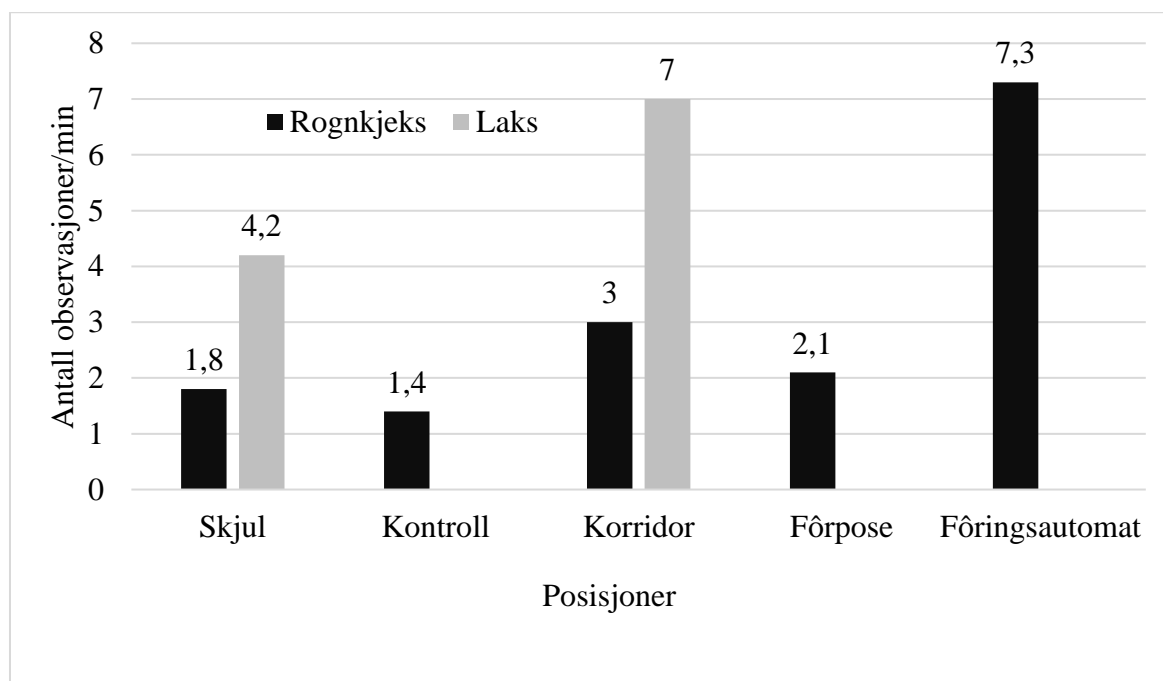
3 Resultat

3.1 Registrering av antall rognkjeks og laks

Totalt antall observasjoner av rognkjeks og laks under forsøket var 16 150. Av disse var antall observasjoner av rognkjeks 6303, og laks 9847.

Laks ble kun registrert ved skjul og korridor, hvor antallet var høyest i korridor (Fig. 5).

Fordeling av rognkjeks viste et høyere antall/min ved fôringsautomat, og stod for 47% (Fig. 5). Resterende fordeling av antall rognkjeks/min på de andre posisjonene var lavere, og kontrollposisjon viste til færrest observasjoner med 1,4 rognkjeks/min (Fig. 5). Denne observasjonen utgjorde omtrent 9% (Fig. 5). Observasjoner i korridor var 3 rognkjeks/min, og stod for 19% (Fig. 5)



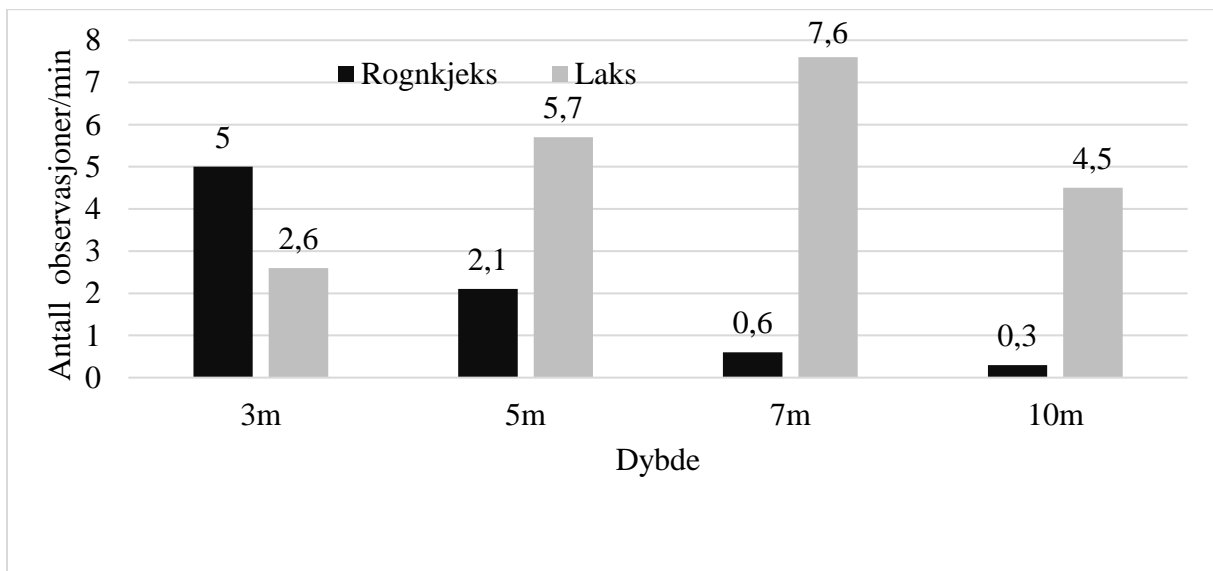
Figur 5. Fordeling av rognkjeks og laks på de ulike posisjonene. Laks kun registrert i skjul og korridor.

3.2 Dybdefordeling

3.2.1 Rognkjeks og laks

Profil over dybdefordeling av rognkjeks og laks ved skjul og korridor, over de tre feltdagene, presenteres i Figur 6. Rognkjeks tilbrakte betydelig mer tid på 3 meter i forhold til andre undersøkte dybder. Observasjonene av antall rognkjeks/min viser til en avtagende trend nedover i vannsøylen, hvor det var 5 rognkjeks/min på 3 meter og 0,3 rognkjeks/min på 10 meter (Fig. 6).

Til sammenligning var det færrest laks/min på 3 meter, med en økning i observasjoner fram til 7 meter. Deretter var det igjen færre ved 10 meter (Fig. 6).



Figur 6. Dybdefordeling av antall rognkjeks- og laks/min ved skjul og i korridor.

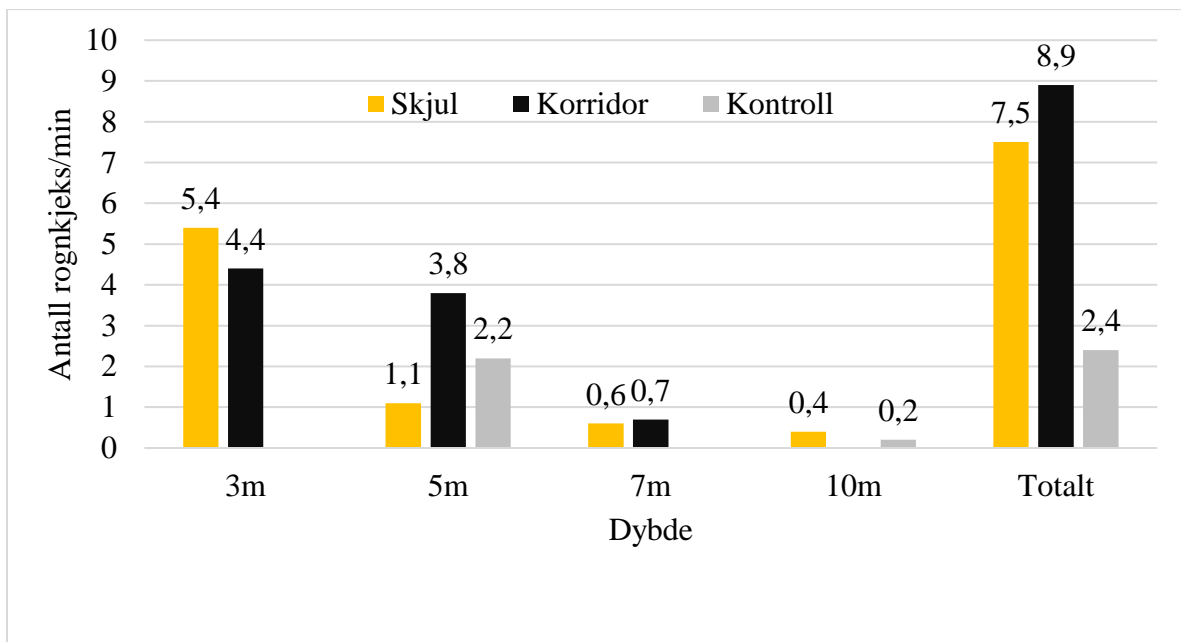
3.2.2 Skjul, korridor og kontroll

Total oversikt over fordeling av rognkjeks ved skjul, korridor og kontroll viste at rognkjeks/min var høyest i korridor og lavest for kontrollposisjon (Fig. 7).

Høyest antall rognkjeks/min i korridor ble registrert ved dybdene 3 og 5 meter, henholdsvis 4,5 og 3,8 rognkjeks/min (Fig. 7). For 3 meter var antallet rognkjeks/min på 5,4 ved skjul, noe som var høyere enn i korridor. Kontrollposisjon ble kun undersøkt ved dybdene 5 og 10 meter. Det ble observert 2,2 rognkjeks/min ved kontroll 5 meter, som illustrerer en markant

differanse i forhold til 10 meter. Ved kontrollposisjon 5 meter var det en fordobling av rognkjeks/min i forhold til skjul (Fig. 7).

For observasjonene av rognkjeks/min (Fig. 7), var det totalt en prosentvis fordeling med 47% i korridor, 40% ved skjul og 13% ved kontroll.

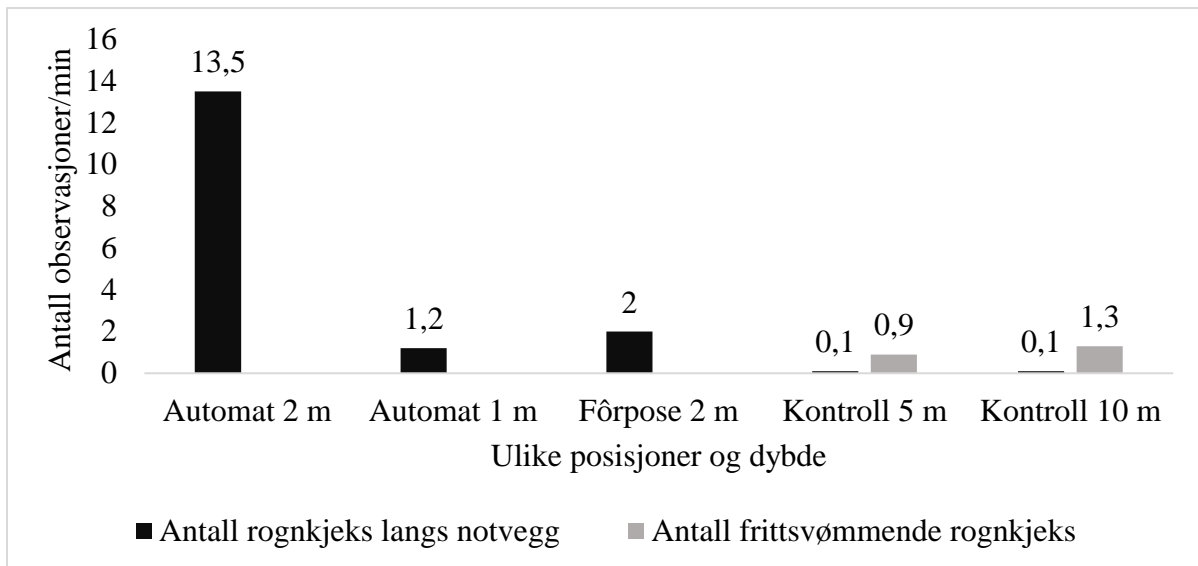


Figur 7. Antall rognkjeks per minutt ved skjul, i korridor og ved kontroll.

3.2.3 Fôringsautomat, fôrpose og kontroll

For atferdskategorien «langs notvegg» var antall rognkjeks/min høyest ved fôringsautomat på 2 meter (Fig. 8). Observasjonen var på 13,5 rognkjeks/min, men for fôrpose ble det observert 2 rognkjeks/min.

Ved kontrollposisjon på den andre siden av merden, var frittsvømmende rognkjeks høyere enn for rognkjeks langs notvegg. Kontrollposisjon hadde betydelig færre observasjoner av rognkjeks langs notvegg enn fôringsautomat og fôrpose (Fig. 8).



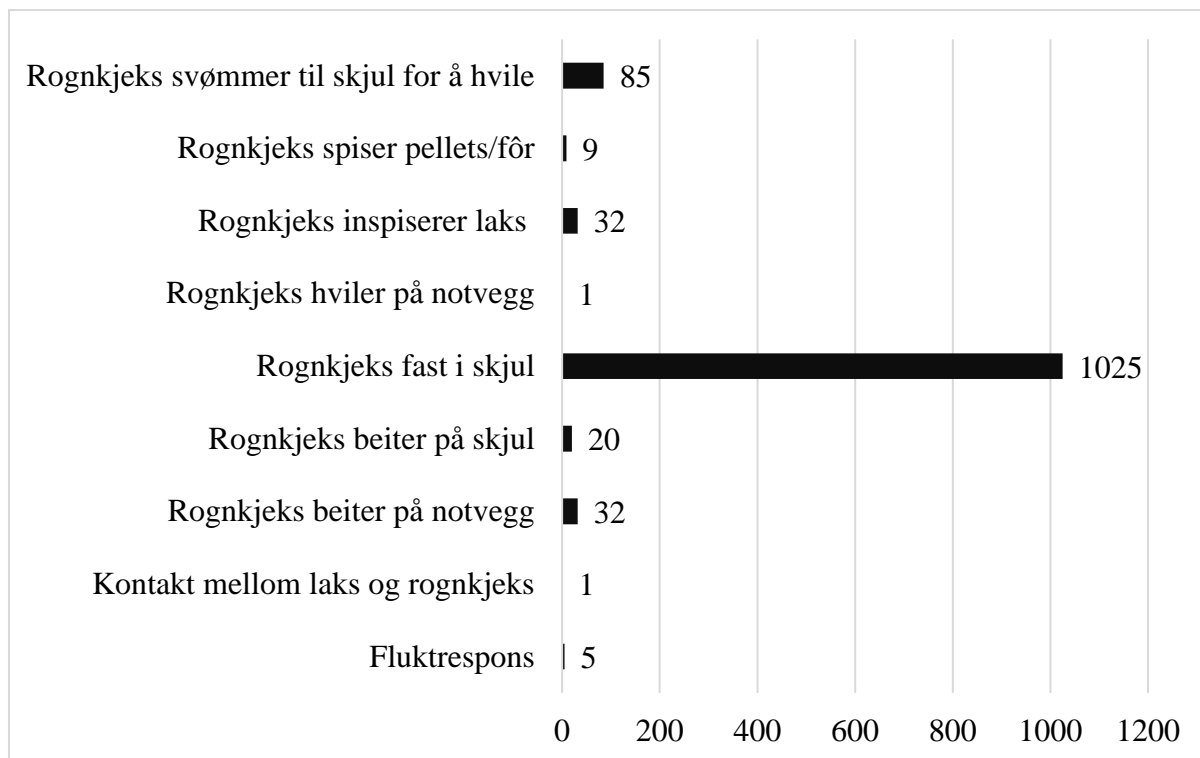
Figur 8. Antall rognkjeks per minutt observert ved fôringsautomat, fôrpose og kontroll.

3.3 Observasjon av atferdskategorier

Totalt ble det observert 6303 rognkjeks, av disse ble 1210 registrert som spesifikke atferd (Tabell 5). Resterende 5093 rognkjeks var observert i de frie vannmassene (se avsnitt 3.4.1).

Atferden som ble mest observert var rognkjeks fast i skjul, observasjonene utgjorde 85%, mens 7% svømte til skjul for å legge seg. Fordeling av rognkjeks som spiste viste et høyere antall rognkjeks beitende på notvegg. Det var 3% som beitet på notvegg, 2% beitet på skjul og bare 1% spiste pellets (Fig. 9).

Når det kommer til interaksjoner mellom rognkjeks og laks, ble det observert 32 tilfeller av rognkjeks som in spiserte laks, mens kontakt mellom laks og rognkjeks ble kun observert en gang. Det var ingen tydelig aggresjon fra verken rognkjeks eller laks, likevel ble det observert 5 fluktresponser hos rognkjeks (Fig. 9).



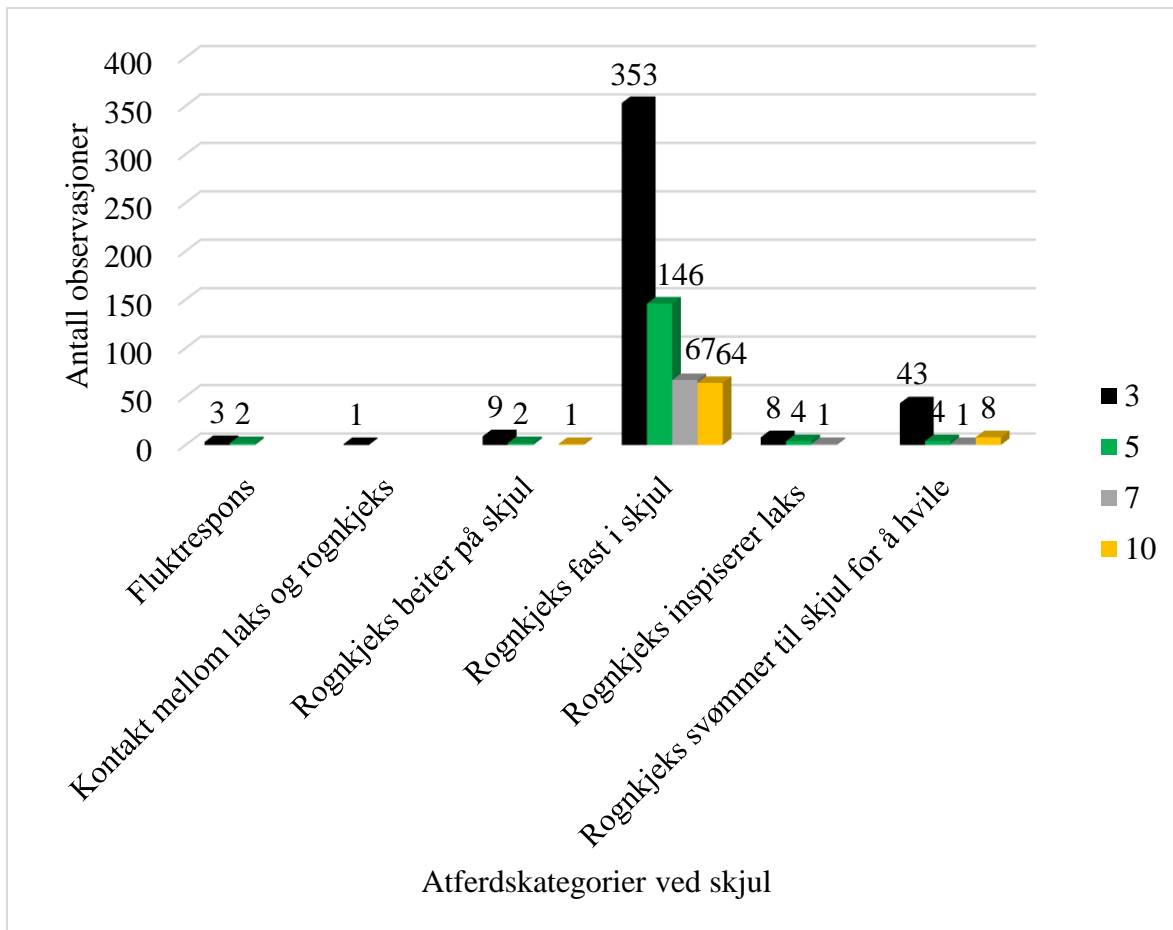
Figur 9. Total oversikt over observasjoner av de ulike atferdskategoriene.

3.3.1 Ved skjul og korridor

Posisjonsdata fra skjul og i korridor viste flest observasjoner for atferdskategorien «rognkjeks fast i skjul» (Fig. 10 og 11).

Fra den totale registreringen av atferd ved skjul var 61% rognkjeks fast i skjul (Fig. 9 og 10). I denne kategorien var det flest rognkjeks på 3 meter (Fig. 10). Ved 5 meter forekom det over en halvering av antall observasjoner av rognkjeks som satt fast i skjul. På dybdene 7 og 10 meter var antallet fastsittende rognkjeks relativt likt (Fig. 10).

Figur 10 illustrerer at mest atferd forekom i øvre del av vannmassen, 3-5 meter. Den eneste kontakten mellom rognkjeks og laks som ble registrert i forsøket var ved skjul på 3 meter. Det var flest rognkjeks som inspiserer laks ved dybden 3 meter, mens ingen inspeksjon forekom på 10 meter (Fig. 10).

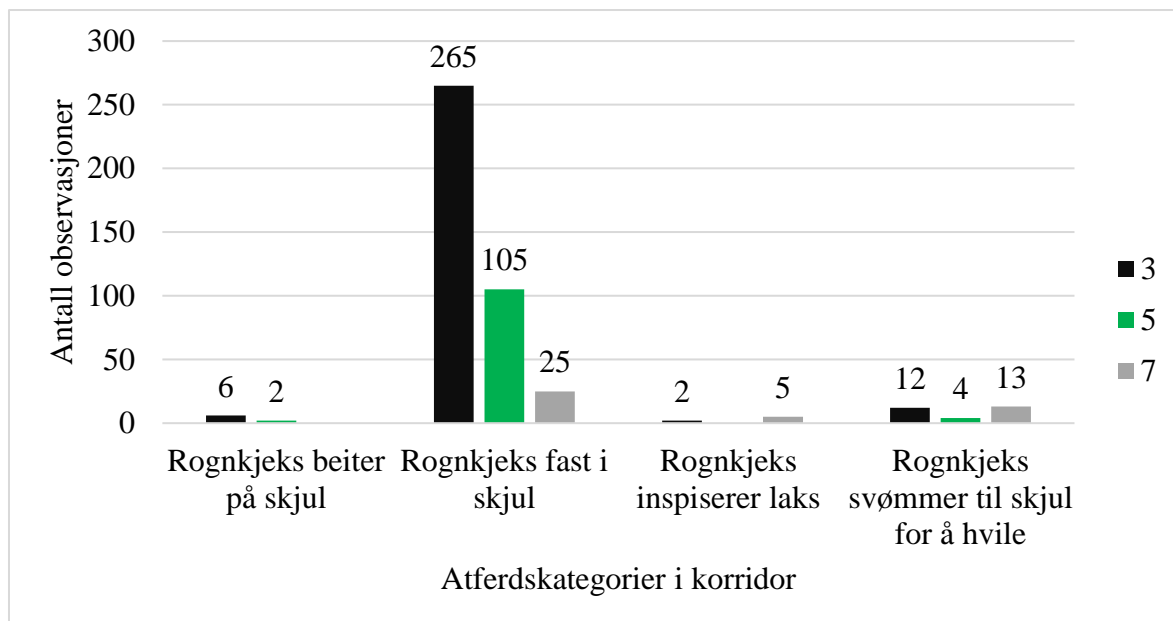


Figur 10. Atferdskategorier registrert ved skjul. Fargekoder angir dybde i meter.

Mange observasjoner av rognkjeks fast i skjul forekom også i korridor (Fig. 11).

Observasjonene utgjorde omtrent 39% av det totale antallet (Fig. 9). Færre registreringer av rognkjeks fast i skjul forekom på dybdene 5 og 7 meter (Fig. 11). Det ble registrert flere inspeksjoner på 7 meter enn for 3 meter, og ingen inspeksjoner ble registrert på 5 meter.

Antall rognkjeks som svømmer til skjul var også høyere på 7 meter enn for 3 og 5 meter (Fig. 11)



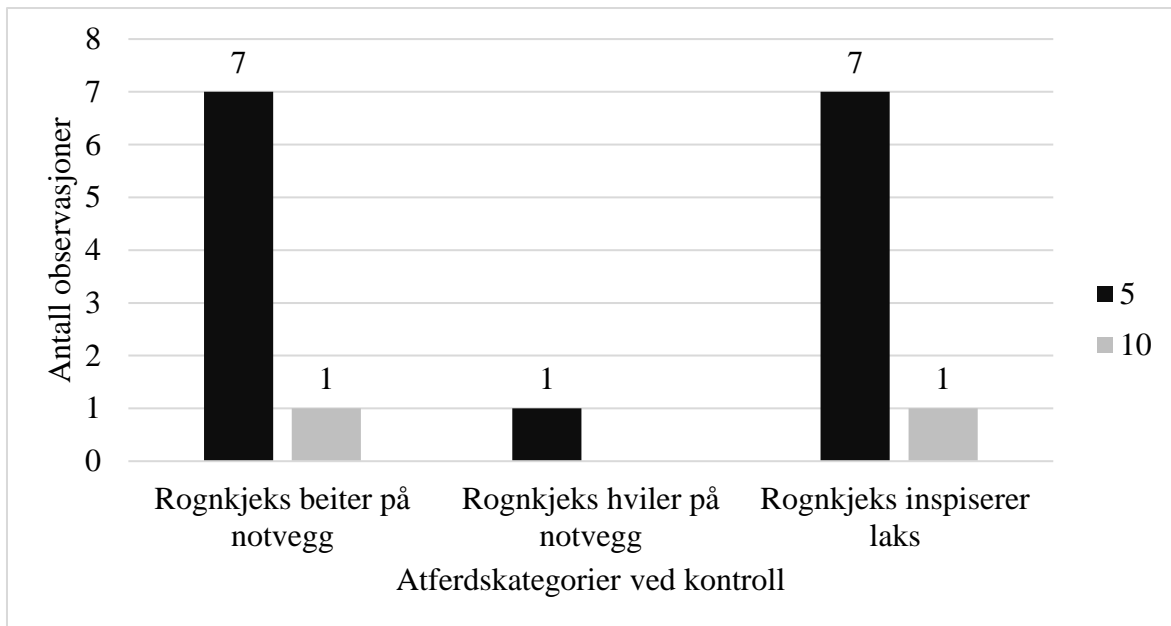
Figur 11. Atferdskategorier registrert i korridor. Fargekoder angir dybde i meter.

Sammenligning av atferd ved skjul og i korridor, viste generelt flere observasjoner ved skjul (Fig. 10 og 11). Alle observasjoner av fluktrespons skjedde ved skjul (Fig. 10).

Atferdskategorien «rognkjeks svømmer til skjul for å hvile» viste et mindre antall observasjoner for både 5 og 7 meter ved skjul (Fig. 10) og for 5 meter i korridor (Fig. 11). Sammenligning viste at det var flere observasjoner av rognkjeks som svømte til skjul på 7 meter i korridor (n=13) enn for rognkjeks ved skjul (n=1) (Fig. 10 og 11).

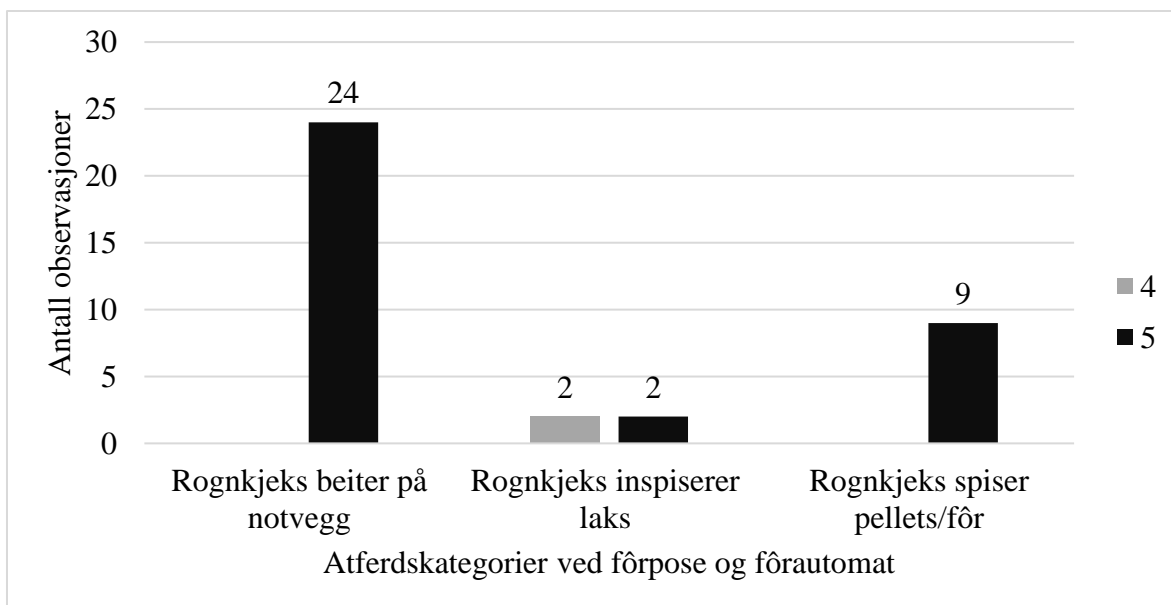
3.3.2 Kontroll, fôrpose og fôringsautomat

Det ble registrert flere rognkjeks på 5 meter enn på 10 meter ved kontrollposisjonen (Fig. 12). Totalt ble det registrert 32 inspeksjoner av laks (Fig. 9), og 25% av atferden ble registrert ved kontroll (Fig. 12). Det var kun en registrering av rognkjeks som hvilte på notvegg (Fig. 9 og 12). Rognkjeks som beitet på notvegg ble registret med 7 observasjoner på 5 meter, og kun 1 observasjon på 10 meter (Fig. 12).



Figur 12. Atferdskategorier registrert ved kontroll. Fargekoder angir dybde i meter.

Den eneste registrerte atferd ved fôrpose var inspeksjon (Fig. 13). For begge posisjonene, fôringsautomat og fôrpose, ble det observert like mange rognkjeks som inspisererte. Det ble observert 24 rognkjeks beitende på notvegg (Fig. 13), som tilsier 75% av totalen (Fig. 9). Alle observasjoner av rognkjeks som spiste pellets ble registrert ved fôringsautomaten (Fig. 9 og 13).

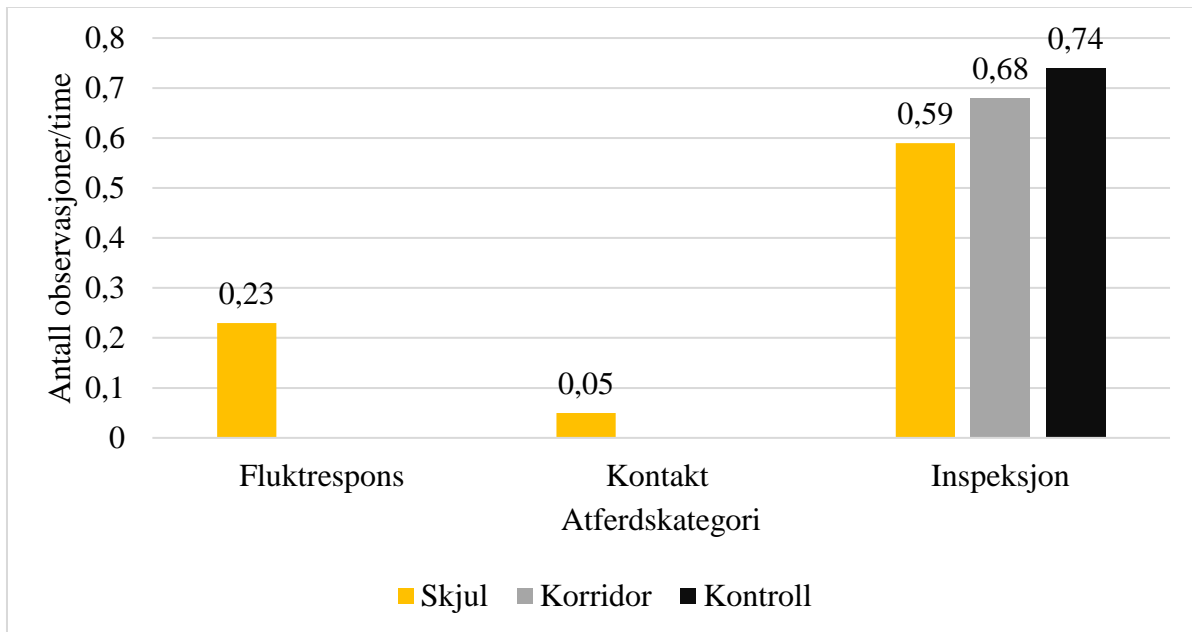


Figur 13. Atferdskategorier registrert ved fôrpose og fôringsautomat. Fargekoder angir de ulike posisjonene. Grå er fôrpose og svart fôringsautomat.

3.3.3 Sammenligning av atferd ved skjul, i korridor og kontroll

Atferdskategorien «rognkjeks inspiserer laks» forekom både ved skjul, korridor og kontrollposisjon.

Inspeksjon var høyest ved kontroll, med 0,74 observasjoner/time. I korridor var det 0,68, og færrest inspeksjoner var ved skjul med 0,59 inspeksjoner/time. Kontakt mellom rognkjeks og laks samt fluktrespons, ble kun observert ved skjul (Fig. 14).

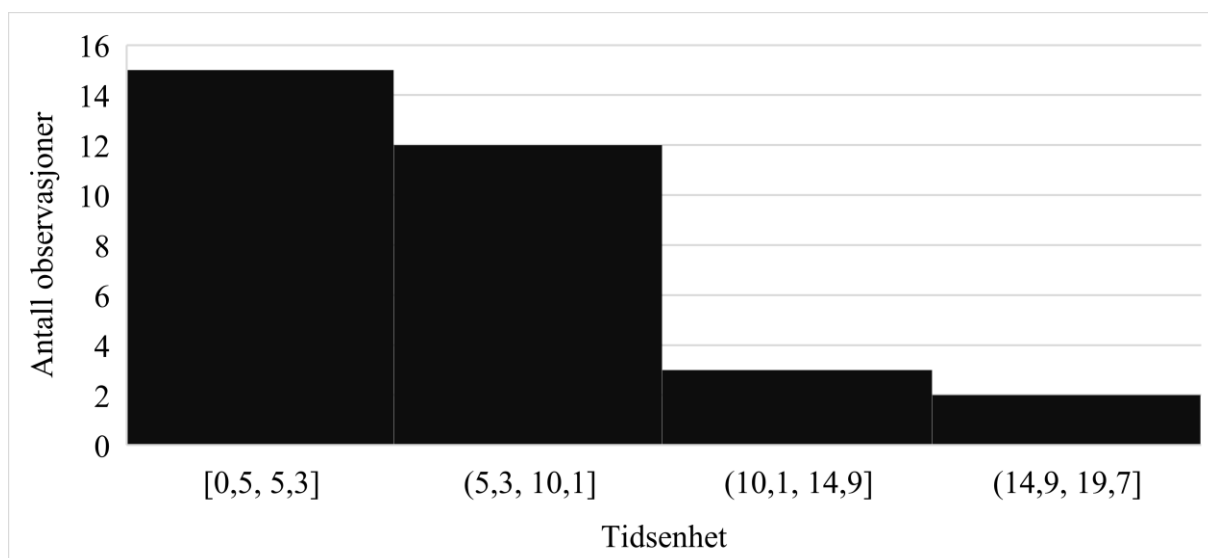


Figur 14. Atferdskategorier ved skjul, i korridor og kontroll. Fargekoder angir posisjon.

3.3.4 Tidsspesifikk inspeksjon

Gjennomsnittlig tid for inspeksjon av laks var 6,4 sekunder \pm 4,4 (SD). Minimum tidsbruk for inspeksjon var 0,5 sekunder og maksimum tidsbruk var 17,8 sekunder.

Det ble totalt observert 32 rognkjeks i kategorien «rognkjeks inspiserer laks». Flest rognkjeks brukte mellom 0,5 sekunder til 10,1 sekunder på å inspisere (Fig. 15). Et lavere antall rognkjeks brukte mellom 10,1 og 19,7 sekunder (Fig.15)



Figur 15. Histogram over tidsspesifikk atferd «rognkjeks inspiserer laks». Y-aksen viser antall observasjoner og x-aksen viser tidsintervallene i sekunder.

3.4 Observasjoner knyttet til «Annet»

For kategorien «Annet» ble det registrert observasjoner som ikke var med i de forhåndsbestemte kategoriene. Forsøket skulle i hovedsak omhandle observasjoner av rognkjeks, men ved analyse av videomaterialet ble det i tillegg observert berggylt. Det ble observert at berggylt nappet på laks, beitet på notvegg og var i området ved fôringsautomaten (Tabell 7).

Det ble observert to kollisjoner mellom rognkjeks og laks (Vedlegg 2). Rognkjeks reagerte ikke med fluktrespons i disse tilfellene (Tabell 7).

Tabell 7. Beskrivelse av observasjonene «annet»

Posisjon	Dybde	Kommentar
1	3	Berggylt som tydelig napper på vintersår hos laks.
1	3	Kollisjon mellom rognkjeks og laks, der halen slår rognkjeksen. Ingen fluktrespons forekom hos rognkjeksen etter hendelsen.
1	5	Berggylt som svømmer mot laks, og napper på laks.
1	10	Berggylt som svømmer mot laks, og napper på laks.
2	5	Mulig interaksjon mellom laks og berggylt, der det ser ut som berggylden napper laksen etter inspeksjon. Grunnet kameravinkel var det vanskelig å få et klart bilde på observasjonen.
2	10	Berggylt observert beitende på notvegg.
5	1	Laks som spiser rognkjeks-pellets fra fôringsautomat.
5	1	Laks kolliderer med rognkjeks. Rognkjeksen viser ingen tegn til fluktrespons.
5	2	Observert berggylt i område rundt fôringsautomat.

3.4.1 Generelle observasjoner

Svømmeaktiviteten var lavere enn forventet på alle feltdager, men det ble visuelt observert høyere fremdrift og svømmeaktivitet hos laks ved feltdag 1 i forhold til feltdag 2- og 3. Det ble observert 5093 rognkjeks i de frie vannmassene, observasjonene var forbigående i korte øyeblikk. Det var derfor ikke mulig å registrere atferd hos disse. Likevel ble det observert svømming mellom skjul og fôringsautomat. Fôr ble levert over automat en gang om dagen, og pågikk omtrent en time. Ved feltdag 3 ble kun 13 minutter av fôringstiden filmet.

4 Diskusjon

Rognkjeks og laks ble observert på ulike dybder i merden, hvor rognkjeks oppholdt seg i øvre del av vannmassene (Fig. 6). Dette kan forklares med at rognkjeks foretrekker kaldt vann mellom $6,2\pm 1,1^{\circ}\text{C}$ – $6,9\pm 1,8^{\circ}\text{C}$ (Mortensen et al., 2020). Siden temperaturen i merden lå innenfor dette preferanseområdet, vil den ikke ha behov for å trekke nedover i vannmassene. Ved varmere temperaturer vil derimot rognkjeks befinne seg lenger ned i merden (Mortensen et al., 2020). Til kontrast ble flest laks/min observert i nedre del av vannmassene (Fig. 6), som ikke er uvanlig da laksen svømmer dypere i merden på vinterstid (Oppedal et al., 2011). Reduksjon i antall laks/min på 10 meter skyldtes den høye tettheten av laks, og det var derfor ikke mulig å registrere det reelle antallet. Det antas derfor at antallet var høyere enn det Figur 6 viser. Den stigende trenden i antall laks nedover i vannmassene kan også være påvirket av lys som var installert i merden. Nedsenket lys brukes for å forhindre kjønnsmodning, og kan bidra til å begrense påslag av lus (Hevrøy et al., 2003; Oppedal et al., 2011). Dette har muligens bidratt til at laksen var dypere i merden. Salinitet, oksygen og føring er andre faktorer som kan påvirke dybdefordelingen av laks (Oppedal et al., 2011). Det ble innhentet data på miljøparameterne oksygen, salinitet og temperatur for anlegget (Tabell 1). I dette tilfellet var informasjonen ikke tilstrekkelig for videre undersøkelser for dybdefordelingen av rognkjeks og laks.

Det finnes få studier som undersøker dybdepreferanse og atferd hos rognkjeks og laks samtidig, uten å påvirke dem direkte. Tidligere forskning av Geitung et al. (2020) støtter våre funn om artsspesifikk variasjon i lagfordelingen. Dette kan tyde på at det er begrenset interaksjon mellom rognkjeks og laks. Forutsetning for lusespising krever at rognkjeks forlater skjulet, nærmer seg laksen, deretter inspiserer laksen for lakselus og eventuelt fjerner lakselusen (Whittaker et al., 2021). Siden rognkjeks og laks oppholdt seg på ulike dybder er forutsetningen ikke innfridd (Fig. 6). Få observasjoner gjort på atferdskategoriene «inspeksjon» og «kontakt mellom rognkjeks og laks» kan bekrefte dette (Fig. 9).

Kun en kontakt mellom rognkjeks og laks ble observert i forsøket (Fig. 9 og 10). Rognkjeks har vist seg å være en effektiv lusespiser i både småskala merder (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Foss, et al., 2014; Imsland et al., 2021) og i kommersielle merder (Eliassen et al., 2018; A. K. D. Imsland et al., 2018). På den annen side er det viktig å merke seg at effektivitet som lusespiser i disse studiene er gjort i kontrollerte miljøer og på varmere

årstider med høyere lusepåslag (Sandvik et al., 2021). Det bør derfor tas hensyn til at dette forsøket ble gjennomført i en vinterperiode der lusenivået var under tillatt grense (Tabell 3). En fullstendig sammenligning er derfor ikke mulig.

Den ene observasjonen av kontakt mellom rognkjeks og laks (Fig. 10) ga ingen klar konklusjon på lusespising, da det var vanskelig å fastslå hva rognkjeks spiste som følge av kameravinkelen. Det er heller ikke uvanlig at rensefisk spiser fiskeslim (Vaughan et al., 2017). I likhet med Imsland et al. (2014) sin studie brukte rognkjeks begrenset tid på lusespising (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Nytrø, et al., 2014). Likevel kan det stabile lusenivået i Tabell 3 indikere en indirekte effekt av rognkjeks som lusespiser. Lusetall fra forsøksperioden var lavere for hunnlus (0-0,1), sammenlignet med bevegelige (0,1-1,1) og fastsittende (0-0,95). Det lave antallet kjønnsmodne hunnlus samsvarer med andre funn som påpeker at rognkjeks foretrekker lus på dette stadiet (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Foss, et al., 2014; A. K. D. Imsland et al., 2018). Om dette er tilfellet vil en oppblomstring av kjønnsmodne hunnlus kunne reduseres betraktelig ved tilstedeværelse av rognkjeks. Årsaken til lave lusetall trenger ikke nødvendigvis ha en sammenheng med bruk av rognkjeks, men kan være påvirket av faktorer som temperaturen i sjøen (Tabell 1) og bruk av luseskjørt. Luseskjørt på 5 meter kan som nevnt redusere påslag av lakselus med 30% (Gentry et al., 2020).

Inspeksjon forbindes ofte med lusespising, og er en lite undersøkt atferd (Whittaker et al., 2021). I dette forsøket utgjorde inspeksjon 3% av registrert atferd (Fig. 9) og flest antall rognkjeks inspiserer i forbindelse med skjul- og korridor (Fig. 10 og 11). Inspeksjonene av laks var i gjennomsnitt $6,4 \pm 4,4$ sekunder, og flest rognkjeks brukte mellom 0,5 til 10 sekunder på å inspiserer (Fig. 15). Grunnen til den korte inspeksjonstiden, kan trolig være tilgangen til skjul- og korridor.

Da tidslengde ble tatt i betraktning, var det flest inspeksjoner per time ved kontrollposisjon (Fig. 14). Visuelt ble det sett betraktelig høyere tetthet av laks ved kontroll, sammenlignet med skjul- og korridor. Det kan spekuleres i at den høye tettheten av laks kan medføre flere lus, derfor vil rognkjeks inspiserer mer fordi sannsynligheten for å finne lus er høyere. Dette kan forklare forekomsten av inspeksjon ved kontroll.

Ved feltdag 2 og 3 ble det observert betydelig lavere svømmehastighet hos laks, trolig grunnet AGD. Det ble derfor antatt at flere inspeksjoner og kontakter skulle forekomme.

Likevel syntes ikke atferden hos rognkjeks å være mer fremtredende på bakgrunn av dette, og

få inspeksjoner kan skyldes begrenset svømmekapasitet i forhold til laks (Fig. 9) (Hvas et al., 2018). I tillegg vil dybdefordelingen påvirke inspeksjonsatferd (Fig. 6).

I forsøket ble atferden «rognkjeks fast i skjul» mest observert. Rognkjeks benytter overflater for å hvile (Hvas et al., 2018) og tilbringer over en tredjedel av tiden i skjul (Leclercq et al., 2018). Våre funn indikerer at 85% av rognkjeksene var fastsittende i skjul (Fig. 9), og observasjonene antyder til at de hvilte. Det er verdt å merke seg at antall observasjoner av denne atferden var omtrentlig 47% høyere i forhold til Leclercq et al. (2018) og Imsland et al. (2016) sine undersøkelser. Dette kan tyde på en korrelasjon mellom økt anvendelse av skjul for å hvile ved lavere temperaturer, og indikerer ikke en unaturlig høy signifikans for rognkjeks fast i skjul for vårt forsøk. Redusert tilgang på byttedyr om vinteren tilsier også mer bruk av skjul, og kan innvirke på antall rognkjeks ved skjul- og korridor (Killen et al., 2007; Nolet et al., 2006).

Fôringspraksis kan påvirke rognkjeksens atferd, dybde- og fordeling i merden, siden rognkjeks jakter etter mat på dagen (Johannesen et al., 2018; Killen et al., 2007). Fôring varte daglig i 60 minutter, og avstanden mellom skjul og fôrautomat var estimert til rundt 5 meter. Siden forsøket ble foretatt i en kaldere periode antas det at tilgangen på byttedyr i de frie vannmassene og skjul er lavere (Eliassen et al., 2018). Rognkjeksene vil derfor anvende en mer aktiv predasjonsstrategi fremfor bakholdsstrategi i jakten på lettest tilgjengelig mat (Imsland et al., 2015b; Killen et al., 2007). Fôr vurderes derfor å være den lettest tilgjengelige matkilden, og viser en god sammenheng med høyest fordeling av rognkjeks/min ved fôringsautomat (Fig. 5 og 8). Derimot viste det seg at inntak av pellets var lavere enn forventet, og det forekom mer beiting på notveggen (Fig. 13). Grunnen til dette kan være at filming tok for seg kun 13 minutter av fôringstiden. Trolig kunne antallet vært høyere om hele fôringen ble filmet, men beite på notvegg er en god indikator på at rognkjeks spiser av begroing og er opportunistisk (Fig. 13) (Eliassen et al., 2018).

Predasjonsstrategien kan forklare hvorfor antall rognkjeks var høyere ved skjul, på yttersiden mot notvegg (Fig. 10), fremfor i korridor (Fig. 11). Det var flest rognkjeks fast i skjul på 3 meter i forhold til 5 meter (Fig. 10). Det kan antyde at rognkjeks oppholdt seg lenger oppe fordi tilgangen til fôringsautomaten var kortere, og vil derfor effektivisere jakten på mat. Rognkjeks hadde tilgang til både pellets og fôrpose i merden. Driftsleder informerte på forhånd at rognkjeksene ikke spiste av fôrpose og dette ble bekreftet i forsøket (Fig. 13). Likevel kan tilgangen på pellets og fôrpose forklare fordelingen av rognkjeks rundt fôrautomat og fôrpose i forhold til kontrollposisjon (Fig. 8). Pellets fra fôringsautomat spres i

et begrenset område (A. K. Imsland, P. Reynolds, T. A. Hangstad, et al., 2018). Ved automat var det 13,5 rognkjeks/min, ved fôrpose var det 2 rognkjeks/min, mens for kontroll var det betydelig lavere (Fig. 8). Dette samsvarer med at fôrpose og tilgang på fôr trekker arten til områder utenfor skjul (A. K. Imsland, P. Reynolds, T. A. Hangstad, et al., 2018). Det fremkom derimot ingen tydelig sammenheng mellom fôrpose og inspeksjon av laks (Fig. 13). Det var ingen observasjoner av aggresjon, noe som kan tyde på at skjulene var tilstrekkelig for antall rognkjeks i merden, og avstanden mellom skjulene og fôringsstrategien var god (Johannesen et al., 2018; Williams & Brown, 1991).

I åpne vannmasser i merd er rognkjeks mer utsatt for predasjon fra laks og vil derfor oppholde seg mer i skjul (Espmark et al., 2019; Williams & Brown, 1991). Det ble observert relativt få fluktresponser (Fig. 9). I og med at aggresjon fra laks ikke forekom kan det bekreftes at rognkjeks derfor brukte skjul for å redusere energiforbruket til vekst og fordøyelse (Killen et al., 2007). Det viser også en god sammenheng med flest rognkjeks/min ved skjul og korridor i forhold til kontrollposisjon (Fig. 7). Derimot var det en uventet økning i antall rognkjeks/min på 5 meter kontroll (Fig. 7). Bevegelse av rognkjeks ved kontroll kan være motivert av dens opportunistiske fôringsatferd (Imsland, Reynolds, Eliassen, Hangstad, Nytrø, et al., 2014), og det er mulig at bevegelse til kontrollposisjon var motivert av jakt på mat. Det ble observert like mange tilfeller av inspeksjon som beiting på notvegg ved kontrollposisjon (Fig. 12). Selv om observasjonen ikke var av samme individ, kan det igjen vise til sammenheng med fôrmotivasjon.

Et uventet funn ved opparbeiding av rådata var observasjon av berggylt. Utfisking av berggylt ble utført før behandling av laks på anlegget. Utfisking skjer ved bruk av teiner, ruser og hover (Imsland et al., 2022). Forskriften om drift av akvakulturanlegg §28 viser til at rensefisk hovedsakelig skal fiskes ut før operasjoner utføres på anlegg (Akvakulturdriftsforskriften, 2008). Metoden for utfisking er vanskelig og kan i verste fall føre til dødelighet og redusert velferd for rensefisk. Funn av berggylt i merden er med på å understreke at metoder for utfisking av rensefisk per dags dato ikke er tilstrekkelig (Sommerset et al., 2023). Det kan dog diskuteres om utfisking i seg selv kan skape mer stress for fisken, enn hvis man unngår håndtering (Imsland et al., 2022).

Berggylt ble observert nappende på laks opptil 4 ganger (Tabell 7). Leppefiskens metabolske aktivitet er høyere i sjøvannstemperaturer over 10 grader, og fisken går i vinterdvale under de kaldeste periodene (Blanco Gonzalez & de Boer, 2017). Sjøtemperaturen lå mellom 5,5-6,5°C (Tabell 1) på anlegget i forsøksperioden. Temperaturen tilsier at leppefisken skulle vært

mindre aktiv og svømt dypere i merden, da den migrerer nedover i vintermånedene (Cresci et al., 2022). Det viste seg derimot at berggylten var observert så høyt som 3 meter i merden, noe som motsier påstanden. Selv om napping ikke var forventet i denne perioden kommer det frem i Kraugerud (2023) at berggylt kan fungere godt som lusespiser selv ved lave temperatur og er generelt en bedre lusespiser enn rognkjeks (Kraugerud, 2023).

4.1 Metode

For å få et representativt bilde på samspill mellom rognkjeks og laks ble det benyttet en ikke-inngripende metode. Riggsystemene ga derfor mulighet til å undersøke lusespiseeffekten av rognkjeks ved å bruke en ikke-inngripende teknikk, som tidligere forskning har basert seg på ved å avlive og undersøke mageinnholdet hos rognkjeks (Eliassen et al., 2018; Imsland et al., 2015b).

På grunn av lite forkunnskaper om filming i merd ble metoden i dette forsøket gradvis utviklet over de tre feltdagene. Bruk av ulike metoder er en svakhet, men for å få nok datagrunnlag fant vi det nødvendig å utvide metoden etter første feltdag.

Oppsett for filming var enkelt og ga mulighet for justeringer underveis både med tanke på dybder og posisjoner. Under feltdagene var det lite bølger og gode lysforhold. Riggene viste seg å ha minimal bevegelse og rotering i merden. Dårligere vær og mer bølger kan påvirke stabiliteten, og dette bør tas i betraktning hvis lignende system skal benyttes under videre forsøk.

Under behandling av rådata så det ikke ut som utsett av riggene hadde påvirkning på systemet i merden. Likevel bør det nevnes at fisk kan respondere på utsett ved å tiltrekkes eller flykte. Det ble observert at rognkjeks virket nysgjerrig på riggene, men ingen syntes å flykte. Derfor antas det at forstyrrelsen ikke hadde noen signifikant effekt for innsamlet data.

Håndtering og analysering av data var en tidskrevende prosess. Atferdskategorier som ble laget hadde bestemte beskrivelser for registrering (Tabell 5). Likevel kan subjektive tolkninger påvirke resultatet. Det finnes heller ingen metode for å skille ulike individ, og det er derfor vanskelig å stadfeste om samme fisk registreres flere ganger. Metoden anses likevel som god, og gir et objektivt bilde av systemene i merden.

5 Oppsummering

Behandling av videopptak var en tidkrevende prosess, med et stort antall observasjoner. Rognkjeks viste en høyere forekomst i øvre del av vannmassene, mens laks befant seg dypere. Dybdefordelingen påvirket interaksjon mellom artene, og lusespising ble ikke påvist. Hypotesen om interaksjon mellom rognkjeks og laks i nærhet av skjul ble derfor ikke bekreftet. Atferd som var mest fremtredende var rognkjeks fast i skjul, og viser at skjul har en viktig rolle for rognkjeksens atferd og velferd i kommersielle merder. Tilgangen på pellets hadde stor påvirkning på atferd og dybde da det trakk rognkjeks til fôringsautomat og dermed bidrar til fordeling av rognkjeks i merd.

Ved fremtidige forsøk kan flere dybder undersøkes i de ulike posisjonene. For å få et bedre sammenligningsgrunnlag hadde det vært spennende å undersøke flere forskjellige atferdskategorier utenfor skjul og i korridor. Det ble undersøkt fem posisjoner i dette forsøket, og for å få et helhetlig bilde kan det derfor anbefales å undersøke flere posisjoner, eksempelvis senter i merden.

Forsøket ble utført i vinterperioden, og det hadde vært interessant å undersøke om atferd og lusespiseeffekten endres ved sesong. Forsøket kan også utvides til å omfatte en lengre periode og ulike tider på døgnet, siden vårt forsøk gikk over et kort tidsrom. Det bør vurderes å undersøke flere merder for å få et større datagrunnlag og et mer representativt bilde. En slik omfattende studie bør vurdere automatisk videoanalyse eller kunstig intelligens ved utarbeiding av rådata.

Referanseliste

- Ageeva, T. N., Lorentzen, G., Nilsen, H. A., & Lian, K. (2021). Lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) used as cleaner fish: Characterization and suitability for human consumption. *Applied Food Research*, *1*(2), 100008.
- Forskrift om drift av akvakulturanlegg (2008). <https://lovdata.no/forskrift/2008-06-17-822>
- Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I. A., & Sandvik, A. D. (2020). The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics*, *70*, 1151-1167.
- Barrett, L. T., Oppedal, F., Robinson, N., & Dempster, T. (2020). Prevention not cure: a review of methods to avoid sea lice infestations in salmon aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, *12*(4), 2527-2543.
- Bergheim, A., & Braaten, B. (2007). *Modell for utslipp fra norske matfiskanlegg til sjø*. <https://ancylus.net/Filbas/SFTVekstUtslipp07.pdf?fbclid=IwAR0Sz9I-bqnvJ00XArQ2xuvAyfp3GK0CXoRUAAoMUII9FoHcYJmtHF5SHv0>
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Asplin, L., Skilbrei, O., Nilsen, R., Llinares, R. M. S., & Boxaspen, K. K. (2011). *Metodeutvikling for overvåkning og telling av lakselus på viltlevende laksefisk* (8-2011). [https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2011/hi-rapp_8-2011_1 .pdf?fbclid=IwAR314hO25Z715K76xIx4PYcEFofxehC3RB-RazaAfz59uPLjW7z0-0m1UIg](https://www.hi.no/resources/publikasjoner/rapport-fra-havforskningen/2011/hi-rapp_8-2011_1.pdf?fbclid=IwAR314hO25Z715K76xIx4PYcEFofxehC3RB-RazaAfz59uPLjW7z0-0m1UIg)
- Blanco Gonzalez, E., & de Boer, F. (2017). The development of the Norwegian wrasse fishery and the use of wrasses as cleaner fish in the salmon aquaculture industry. *Fisheries Science*, *83*, 661-670.
- Borchel, A., Komisarczuk, A. Z., & Nilsen, F. (2022). Sex differences in the early life stages of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *PloS one*, *17*(3), e0266022.
- Brooker, A., Skern-Mauritzen, R., & Bron, J. (2018). Production, mortality, and infectivity of planktonic larval sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837): current knowledge and implications for epidemiological modelling. *ICES Journal of Marine Science*, *75*(4), 1214-1234.
- Brooker, A. J., Papadopoulou, A., Gutierrez, C., Rey, S., Davie, A., & Migaud, H. (2018). Sustainable production and use of cleaner fish for the biological control of sea lice: recent advances and current challenges. *Veterinary Record*, *183*(12), 383-383.

- Brooks, K. M. (2005). The effects of water temperature, salinity, and currents on the survival and distribution of the infective copepodid stage of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) originating on Atlantic salmon farms in the Broughton Archipelago of British Columbia, Canada. *Reviews in Fisheries Science*, 13(3), 177-204.
- Coates, A., Phillips, B. L., Bui, S., Oppedal, F., Robinson, N. A., & Dempster, T. (2021). Evolution of salmon lice in response to management strategies: a review. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1397-1422.
- Costello, M. J. (2006). Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends in parasitology*, 22(10), 475-483.
- Cresci, A., Larsen, T., Halvorsen, K. T., Durif, C. M., Bjelland, R., Browman, H. I., & Skiftesvik, A. B. (2022). Goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*) have a sex-dependent magnetic compass for maintaining site fidelity. *Fisheries Oceanography*, 31(2), 164-171.
- Dalvin, S. (2018, 17.02.2020). *Generell biologi*. Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/temasider/arter/lakselus/generell-biologi?fbclid=IwAR31K0pC0VLOAXnAX559XLSCcKV-QoJrkDPCBvAyaZx-Jfz0vL2YvL4BIM8>
- Dean, K. R., Aldrin, M., Qviller, L., Helgesen, K. O., Jansen, P. A., & Jensen, B. B. (2021). Simulated effects of increasing salmonid production on sea lice populations in Norway. *Epidemics*, 37, 100508.
- Denholm, I., Devine, G. J., Horsberg, T. E., Sevatdal, S., Fallang, A., Nolan, D. V., & Powell, R. (2002). Analysis and management of resistance to chemotherapeutants in salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Pest Management Science: formerly Pesticide Science*, 58(6), 528-536.
- Eliassen, K., Danielsen, E., Johannesen, Á., Joensen, L. L., & Patursson, E. J. (2018). The cleaning efficacy of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in Faroese salmon (*Salmo salar* L.) farming pens in relation to lumpfish size and seasonality. *Aquaculture*, 488, 61-65.
- Espmark, Å. M., Noble, C., Kolarevic, J., Berge, G. M., Aas, G. H., Tuene, S., Iversen, M. H., Wergeland, H., Johansen, L.-H., Burgerhout, E., Gjerde, B., & Lein, I. (2019). *Velferd hos rensefisk - operative velferdsindikatorer (OVI) - RENSVEL* (12/2019). <https://www.fhf.no/prosjekter/prosjektbasen/901136/>
- Fiskeridirektoratet. (2022, 25.05.2022). *Økt salg av opprettsfisk i 2021*. Fiskeridirektoratet. <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Nyheter/2022/okt-salg-av-oppdrettsfisk-i->

[2021?fbclid=IwAR2Sv7poN0osQmrbL--](https://lovdata.no/forskrift/2012-12-05-1140)

[TQgN9DbVIKadwGLGQRnF9fYPvVCNiCg0veFztzcY](https://lovdata.no/forskrift/2012-12-05-1140)

Forskrift om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg, (2013).

<https://lovdata.no/forskrift/2012-12-05-1140>

Garcia de Leaniz, C., Gutierrez Rabadan, C., Barrento, S. I., Stringwell, R., Howes, P. N., Whittaker, B. A., Minett, J. F., Smith, R. G., Pooley, C. L., & Overland, B. J. (2022). Addressing the welfare needs of farmed lumpfish: Knowledge gaps, challenges and solutions. *Reviews in Aquaculture*, 14(1), 139-155.

Geitung, L., Wright, D. W., Oppedal, F., Stien, L. H., Vågseth, T., & Madaro, A. (2020). Cleaner fish growth, welfare and survival in Atlantic salmon sea cages during an autumn-winter production. *Aquaculture*, 528, 735623.

Gentry, K., Bui, S., Oppedal, F., & Dempster, T. (2020). Sea lice prevention strategies affect cleaner fish delousing efficacy in commercial Atlantic salmon sea cages. *Aquaculture Environment Interactions*, 12, 67-80.

Grefsrud, E. S., Bjørn, P. A., Grøsvik, B. E., Hansen, P. K., Husa, V., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Samuelsen, O., Sandlund, N., Solberg, M. F., & Stien, L. H. (2022). *Effekter på miljø og dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett* (2022-13). <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/handle/11250/2997022>

Hamre, L. A., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R., & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24 C. *Aquaculture Environment Interactions*, 11, 429-443.

Heggland, E. I., Dondrup, M., Nilsen, F., & Eichner, C. (2020). Host gill attachment causes blood-feeding by the salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) chalimus larvae and alters parasite development and transcriptome. *Parasites & vectors*, 13, 1-18.

Hevrøy, E., Boxaspen, K., Oppedal, F., Taranger, G., & Holm, J. (2003). The effect of artificial light treatment and depth on the infestation of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) culture. *Aquaculture*, 220(1-4), 1-14.

Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A., & Oppedal, F. (2018). Metabolic rates, swimming capabilities, thermal niche and stress response of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. *Biology Open*, 7(9), bio036079.

Imsland, A., Boissonnot, L., Karlsen, C., Storsul, T., Stensby-Skjærvik, M. A., Hoglund, E., Calabrese, S., Bjelland, R. M., Skiftesvik, A.-B., & Kaland, H. (2022). Årsaker til dødelighet og tap av rensefisk (DOKUMENTAR).

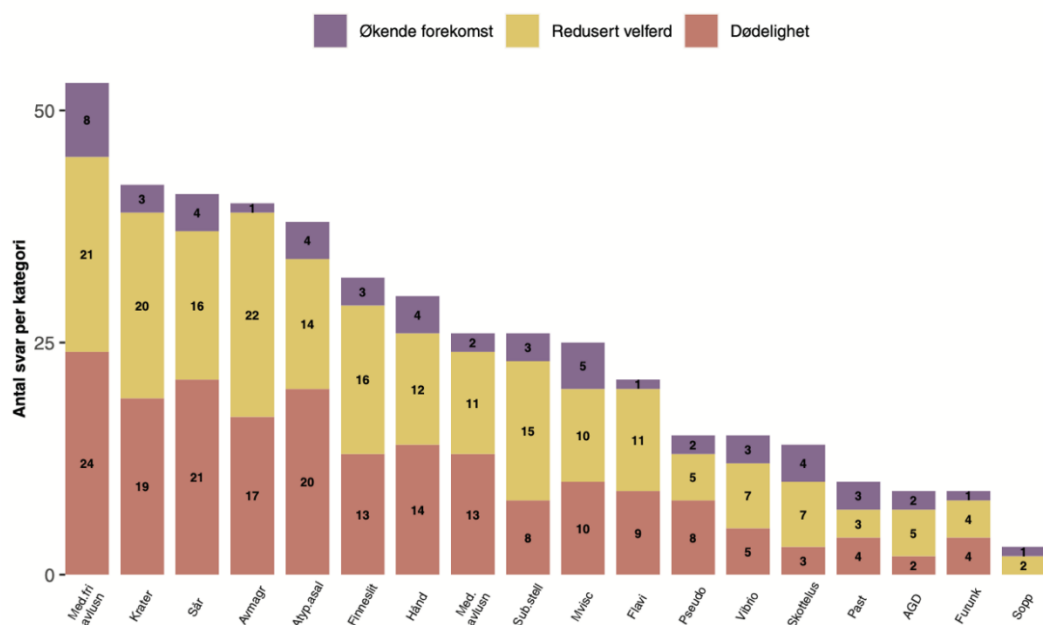
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C., & Mikalsen, B. (2018). Assessment of artificial substrates for lumpfish: effect of material thickness and water current speed. *Aquaculture International*, 26(6), 1469-1479.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T. A. (2014). The use of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 424, 18-23.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Nytrø, A. V., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T. A. (2014). Notes on the behaviour of lumpfish in sea pens with and without Atlantic salmon present. *Journal of ethology*, 32, 117-122.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Nytrø, A. V., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T. A. (2015a). Assessment of suitable substrates for lumpfish in sea pens. *Aquaculture International*, 23(2), 639-645.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Nytrø, A. V., Foss, A., Vikingstad, E., & Elvegård, T. A. (2015b). Feeding preferences of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) maintained in open net-pens with Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 436, 47-51.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Eliassen, G., Mortensen, A., Hansen, Ø. J., Puvanendran, V., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D., Emaus, P.-A., & Elvegård, T. A. (2016). Is cleaning behaviour in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) parentally controlled? *Aquaculture*, 459, 156-165.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D., Noble, T., Wilson, M., Mackie, J. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C., & Mikalsen, B. (2018). Feeding behaviour and growth of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) fed with feed blocks. *Aquaculture Research*, 49(5), 2006-2012.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Lorentzen, M., Eilertsen, R. A., Micallef, G., & Tvenning, R. (2020). Improving survival and health of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by the use of feed blocks and operational welfare indicators (OWIs) in commercial Atlantic salmon cages. *Aquaculture*, 527, 735476.
- Imsland, A. K., Reynolds, P., Nytrø, A. V., Eliassen, G., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D., Emaus, P.-A., Elvegård, T. A., Lemmens, S. C., & Rydland, R. (2016). Effects of lumpfish size on foraging behaviour and co-existence with sea lice infected Atlantic salmon in sea cages. *Aquaculture*, 465, 19-27.

- Imsland, A. K. D., Hanssen, A., Nytrø, A. V., Reynolds, P., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C., & Mikalsen, B. (2018). It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infestation in large-scale salmon farming. *Biology Open*, 7(9), bio036301.
- Imsland, A. K. D., & Reynolds, P. (2022). In lumpfish We Trust? The Efficacy of Lumpfish *Cyclopterus lumpus* to Control *Lepeophtheirus salmonis* Infestations on Farmed Atlantic Salmon: A Review. *Fishes*, 7(5), 220.
- Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Hangstad, T. A., Kapari, L., Maduna, S. N., Hagen, S. B., Jónsdóttir, Ó. D. B., Spetland, F., & Lindberg, K. S. (2021). Quantification of grazing efficacy, growth and health score of different lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) families: possible size and gender effects. *Aquaculture*, 530, 735925.
- Jansen, P. A., Kristoffersen, A. B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M., & Stien, A. (2012). Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1737), 2330-2338.
- Johannesen, A., Joensen, N. E., & Magnussen, E. (2018). Shelters can negatively affect growth and welfare in lumpfish if feed is delivered continuously. *PeerJ*, 6, e4837.
- Killen, S. S., Brown, J. A., & Gamperl, A. K. (2007). The effect of prey density on foraging mode selection in juvenile lumpfish: balancing food intake with the metabolic cost of foraging. *Journal of animal ecology*, 76(4), 814-825.
- Kraugerud, R. L. (2023, 15.02.2023). *Verdt å vite om rensefisk som berggylt og rognkjeks*. Nofima. <https://nofima.no/fakta/verdt-a-vite-om-rensefisk/>
- Larsen, M. L., & Vormedal, I. (2021). The environmental effectiveness of sea lice regulation: compliance and consequences for farmed and wild salmon. *Aquaculture*, 532, 736000.
- Leclercq, E., Zerafa, B., Brooker, A. J., Davie, A., & Migaud, H. (2018). Application of passive-acoustic telemetry to explore the behaviour of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) and lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) in commercial Scottish salmon sea-pens. *Aquaculture*, 495, 1-12.
- Lein, I., Berge, G. M., Borgevik, A. S., Bæverfjord, G., Hamre, K., Aas, G. H., Kortner, T., Kousoulaki, K., Krogdahl, Å., Remø, S., & Sæle, Ø. (2021). *Ernæringsbehov og føring for optimal helse og overlevelse av rensefisk* (31/2021). <https://imr.brage.unit.no/imr-xmlui/bitstream/handle/11250/2833705/Rapport%2b31-2021%2bErn%25C3%25A6ringsbehov%2bog%2bforing%2bfor%2boptimal%2bhelse%2bog%2boverlevelse%2bav%2brensefisk%2bDel%2b1%2bberggylt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Lorentzen, T. (2008). Modeling climate change and the effect on the Norwegian salmon farming industry. *Natural Resource Modeling*, 21(3), 416-435.
- Mattilsynet. (2017, 05.04.2019). *Forebyggende tiltak for å bedre fiskehelsen og fiskevelferden*. Mattilsynet. Retrieved 06.01.2017 from https://www.mattilsynet.no/fisk_og_akvakultur/akvakultur/drift_av_akvakulturanlegg/forebyggende_tiltak_for_aa_bedre_fiskehelsen_og_fiskevelferden.27623?fbclid=IwAR0_aZ8tZ0He52Plx3j7gBh6dWDZGe6OR66O6WUmdQj5m_EjAbdG5Lf1gRY
- Misund, B. (2022). *Kostnadsutvikling i oppdrett av laks og ørret: Hva koster biologisk risiko?* (41-2022). https://norceresearch.brage.unit.no/norceresearch-xmlui/bitstream/handle/11250/3034859/NORCE%20rapport%20nr.%2041-2022,%20H&S.pdf?sequence=10&fbclid=IwAR2zH8Z0-6mRoH06pBo1I8QiQo_VbcEqxRteYpNu_8HxgleMYal_qjf_TV0
- Mortensen, A., Johansen, R. B., Hansen, Ø. J., & Puvanendran, V. (2020). Temperature preference of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) originating from the southern and northern parts of Norway. *Journal of Thermal Biology*, 89, 102562.
- Myhre Jensen, E., Horsberg, T. E., Sevatdal, S., & Helgesen, K. O. (2020). Trends in de-lousing of Norwegian farmed salmon from 2000–2019—Consumption of medicines, salmon louse resistance and non-medicinal control methods. *PloS one*, 15(10), e0240894.
- Noble, C., Nilsson, J., Stien, L. H., Iversen, M. H., Kolarevic, J., & Gismervik, K. (2018). *Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd* (901157). Nofima. <https://nofima.no/wp-content/uploads/2016/06/Velferdsindikatorer-for-oppdrettslaks-2018.pdf>
- Nolet, B. A., Gyimesi, A., & Klaassen, R. H. (2006). Prediction of bird-day carrying capacity on a staging site: a test of depletion models. *Journal of animal ecology*, 75(6), 1285-1292.
- NOU. (2019). *Skattlegging av havbruksvirksomhet* (2019:18). <https://www.regjeringen.no/contentassets/207ae51e0f6a44b6b65a2cec192105ed/no/pdfs/nou201920190018000dddpdfs.pdf>
- Oppedal, F., Dempster, T., & Stien, L. H. (2011). Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: a review. *Aquaculture*, 311(1-4), 1-18.
- Overton, K., Dempster, T., Oppedal, F., Kristiansen, T. S., Gismervik, K., & Stien, L. H. (2019). Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1398-1417.

- Powell, A., Treasurer, J. W., Pooley, C. L., Keay, A. J., Lloyd, R., Imsland, A. K., & Garcia de Leaniz, C. (2018). Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture*, *10*(3), 683-702.
- Sandvik, A. D., Dalvin, S., Skern-Mauritzen, R., & Skogen, M. D. (2021). The effect of a warmer climate on the salmon lice infection pressure from Norwegian aquaculture. *ICES Journal of Marine Science*, *78*(5), 1849-1859.
- SLRC. (2020). *SLRC- Life cycle of the salmon louse (Lepeophtheirus salmonis)*. DataverseNO.
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Oliveira, V. H. S. d., Moldal, T., Bornø, G., Haukaas, A., & Brun, E. (2023). *Fiskehelsesrapporten 2022 (5a/2023)*. <https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2023/fiskehelsesrapporten-2022>
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E., & Jackson, D. (2013). Salmon lice–impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases*, *36*(3), 171-194.
- Tully, O., & Nolan, D. (2002). A review of the population biology and host–parasite interactions of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Parasitology*, *124*(7), 165-182.
- Vandendriessche, S., Messiaen, M., O'Flynn, S., Vincx, M., & Degraer, S. (2007). Hiding and feeding in floating seaweed: floating seaweed clumps as possible refuges or feeding grounds for fishes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *71*(3-4), 691-703.
- Vaughan, D. B., Grutter, A. S., Costello, M. J., & Hutson, K. S. (2017). Cleaner fishes and shrimp diversity and a re-evaluation of cleaning symbioses. *Fish and Fisheries*, *18*(4), 698-716.
- Whittaker, B. A., Consuegra, S., & de Leaniz, C. G. (2021). Personality profiling may help select better cleaner fish for sea-lice control in salmon farming. *Applied Animal Behaviour Science*, *243*, 105459.
- Williams, P. J., & Brown, J. A. (1991). Developmental changes in foraging-predator avoidance trade-offs in larval lumpfish *Cyclopterus lumpus*. *Marine Ecology Progress Series*, *76*, 53-60.

Vedlegg 1: Spørreundersøkelse fra Fiskehelsesrapporten 2022



Vedlegg 2: Situasjonsbilder fra merden



Bilde 1: Laks står tydelig dypere i merden under luseskjørt.



Bilde 2: Rognkjeks viser høy aktivitet ved fôringsautomat.



Bilde 3: Rognkjeks oppholder seg mye langs notvegg.



Bilde 4: Rognkjeks inspiserer laks.



Bilde 5: Berggylt napper på vintersår.



Bilde 6: Kollisjon mellom laks og rognkjeks ved fôringsautomat.



Bilde 7: Rognkjeks svømmer vertikalt for å spise pellets.



Bilde 8: Berggylt beiter på notvegg.

