

FHF 901652 - EFFEKTIV

Leveranse 7. Beskrivelse av
rognkjeksens velferd som
lusespiser i laksemerder

EFFEKTIV

Effekt og velferd ved bruk av renseskjeks Sluttrapport: Fiskevelferd hos rognkjeks (AP1)



Lauris Boissonnot¹, Camilla Karlsen¹, Katrine Hiorth¹, Mette Remen², Marthe Austad^{1,3}

¹*Aqua Kompetanse AS, 7770 Flatanger*

²*Akvaplan-niva AS, 7462 Trondheim*

³*Val FOU AS, 7970 Kolvereid*

Forslag til sitering: Boissonnot L., Karlsen C., Hiorth K., Remen M., Austad M. (2022) *EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av renseskjeks. Sluttrapport: Fiskevelferd hos rognkjeks (AP1). FHF-901652, 48 pp.*





Aqua Kompetanse AS
Org. nr. 982 226 163
Havbruksparken
Storlavika 7 - 7770 Flatanger
www.aqua-kompetanse.no

Tittel

EFFEKTIV: Effekt og velferd ved bruk av rensesk. Sluttrapport: Fiskevelferd hos rognkjeks (AP1). FHF-901652

Forfattere

Lauris Boissonnot¹, Camilla Karlsen¹, Katrine Hiorth¹, Mette Remen², Marthe Austad^{1,3}

¹*Aqua Kompetanse AS, 7770 Flatanger*

² *Akvaplan-niva AS, 7462 Trondheim*

³ *Val FOU AS, 7970 Kolvereid*

Prosjektleder

Albert K.D. Imsland (Akvaplan-niva AS)

Kontaktperson Aqua Kompetanse AS

Lauris Boissonnot, lauris@aqua-kompetanse.no

Dato

26.03.2022

Rapportnummer Aqua Kompetanse AS

P651.D1.032022

Sammendrag

Rognkjeks benyttes i dag som en del av totalstrategien for forebygging og kontroll av lus i oppdrett av atlantisk laks i Norge. Det er i dag en økende bekymring for velferd og overlevelse hos rognkjeks i laksemerder. Det er likevel mangel på studier som har kartlagt velferdsstatusen ved flere lokaliteter over lang tid. Selv om operative velferdsindikatorer (OVI) for rognkjeks er etablert og tilnærmet standardisert, finnes det fremdeles ikke en standardisert overordnet velferdsscore som kan brukes til å sammenligne velferdsdata fra ulike aktører. Det er også uklart hvilke faktorer som påvirker rognkjeksens velferd. Sykdommer er ofte påpekt som hovedutfordringen, men andre faktorer som miljøbetingelser, utsettstrategi eller produksjonsbetingelser kan også ha effekt. Rognkjeksens lusebeite-effektivitet er kjent for å være påvirket av en kombinasjon av miljøbetingelser og biologiske faktorer. Men, det er ikke kjent hvorvidt velferdsstatus påvirker lusebeite-effektiviteten.

Denne rapporten sammenstiller resultatene fra oppfølging av rognkjeksens velferdsstatus, miljøbetingelser og produksjonsforhold ved 12 lokaliteter i Midt-Norge i perioden vår 2019-høst 2021. Resultatene fra denne studien tyder på at velferdsstatusen hos rognkjeks utviklet seg negativt etter utsatt i merd. Mens ny-utsatt rognkjeks hadde god velferd, hadde en stor andel rognkjeks tydelig redusert velferd etter 6-7 måneder i sjø. Den negative utviklingen var mest sannsynlig grunnet en kombinasjon av ulike faktorer, men resultatene tyder på at mekanisk avlusning var en viktig negativ faktor. Alvorlige utvendige skader ble observert i etterkant av mekanisk avlusning. Sammenstilling av individbaserte data for lusebeite-effektivitet og overordnet velferdsscore viser at individer med tydelig eller alvorlig redusert velferdsstatus ikke spiser lus.

Å sikre god velferd hos rognkjeks er viktig av etiske grunner, men har også avgjørende betydning for lusebeite-effektivitet ifølge resultater fra dette studiet. Ved kontinuerlig overvåking av rognkjeks vil man kunne identifisere redusert velferd tidlig, og dermed iverksette forebyggende tiltak. God oppfølging og fortløpende tilpasning er viktig for å oppnå gode resultater.

English summary

Lumpfish are currently used as part of the overall strategy for the prevention and control of lice in Atlantic salmon farming in Norway. There is a growing concern and criticism about the welfare and survival of lumpfish in salmon sea cages. However, there is still a lack of studies that have monitored welfare status at several localities over a long period of time. Although operational welfare indicators (OWI) have been established and are quite standardized, there is not yet a standardized overall welfare score that would allow for comparisons across different studies or companies. It is still unclear what factors affect lumpfish welfare most negatively. Diseases are often pointed out as the main challenge, but other factors such as suboptimal environmental or production conditions can also negatively affect welfare. The lice grazing efficiency of the lumpfish is known to be affected by a combination of environmental conditions and biological factors. However, it is not known whether welfare affects lice grazing efficiency.

This report compiles the results from the monitoring of lumpfish welfare status, environmental conditions and production conditions at 12 localities in Mid-Norway during the period spring 2019-autumn 2021. The results from this study indicate that the welfare of lumpfish progressed negatively after transfer to net pens. While newly transferred lumpfish had good welfare, a large proportion of lumpfish had clearly reduced welfare after 6-7 months at sea. The negative development was most likely due to a combination of various factors, with mechanical delousing being the most important and leading to serious external damage. Our results indicate that reduced welfare negatively impacted cleaning efficacy.

Ensuring good welfare in lumpfish is therefore not only important for ethical reasons but also to ensure a high lice grazing efficiency. This study suggests that with continuous monitoring of lumpfish, it will be possible to identify reduced welfare early, and thus implement preventive measures. Good follow-up and the ability for continuous adaptation can be achieved by setting proper and sufficient resources for the use of lumpfish in net pens.

Innhold

1.	INTRODUKSJON	7
2.	MATERIALE OG METODE	9
2.1.	LOKALITETER	9
2.2.	MILJØBETINGELSER	9
2.3.	OPPFØLGING AV ROGNKJEKS	10
2.3.1.	<i>Operative velferdsindikatorer</i>	11
2.3.2.	<i>Indre parametere</i>	11
2.3.3.	<i>Sykdomsdiagnostikk</i>	11
2.3.4.	<i>Mageinnhold</i>	13
2.4.	DATABEHANDLING	13
2.4.1.	<i>Hydrografi og vannstrøm</i>	13
2.4.2.	<i>Overordnet velferdsscore</i>	14
2.4.3.	<i>Utsettstidspunkt</i>	14
2.4.4.	<i>Multipel regresjonsanalyse</i>	14
2.4.5.	<i>Diett preferanser</i>	16
3.	RESULTATER	17
3.1.	MILJØBETINGELSER	17
3.2.	FISKEVELFERD	20
3.2.1.	<i>Overordnet velferdsstatus</i>	20
3.2.2.	<i>Ytre lyter</i>	22
3.2.3.	<i>Obduksjonsanmerkninger</i>	25
3.2.4.	<i>Leverfarge</i>	25
3.3.	SYKDOMSSTATUS	27
3.4.	ÅRSAKER TIL REDUSERT VELFERD	28
3.4.1.	<i>Utsettstidspunkt</i>	28
3.4.2.	<i>Produksjonshendelser</i>	28
3.4.3.	<i>Hydrografi og vannstrøm</i>	29
3.4.4.	<i>Multipel regresjonsanalyse</i>	30
3.5.	DIETTPREFERANSER	32
3.5.1.	<i>Effekt av diettpreferanser på lusebeite-effektivitet</i>	32
3.5.2.	<i>Effekt av velferd på lusebeite-effektivitet</i>	33
4.	DISKUSJON	35
4.1.	SCORING AV VELFERD	35
4.2.	UTVIKLING AV VELFERD I MERD	36
4.3.	SYKDOMSBILDE	37
4.4.	LUSEBEITE-EFFEKTIVITET	38
5.	KONKLUDERENDE KOMMENTARER	39
A.	VEDLEGG	43

1. Introduksjon

Rensefisk benyttes i dag som en del av totalstrategien for forebygging og kontroll av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) og mer nylig skottelus (*Caligus elongatus*) i oppdrett av atlantisk laks (*Salmo salar*; heretter kalt laks) i Norge (Overton mfl., 2019; Powell mfl., 2018). Biologisk avlusing ved hjelp av rensefisk er særlig attraktivt da bruken reduserer infeksjonsnivåene (Imslund mfl., 2018a; 2014; 2019b) og metoden utsetter laksen for veldig lite stress (Treasurer, 2002).

Bruken av oppdrettet rognkjeks som rensefisk i lakseoppdrettsanlegg langs norskekysten har økt fra 10 millioner individer i 2015 til nesten 43 millioner i 2019, men ble redusert til 34 millioner i 2020 (Fiskeridirektoratet, 2021). En av grunnene for den nylige nedgangen i bruk av rognkjeks i norske merder er knyttet til en økende bekymring og kritikk rundt velferd og overlevelse hos rognkjeks (Brooker mfl., 2018; Treasurer og Feledi, 2014). Det finnes likevel veldig lite systematisk dokumentasjon om velferd hos rognkjeks i merd per i dag. Det meste kommer fra spørreundersøkelser gjennomført av Mattilsynet og Veterinærinstituttet (Sommerset mfl., 2021), men ingen studier har kartlagt velferdsstatus basert på standardisert scoring ved flere lokaliteter over lang tid. Det er derfor et behov for systematisk innsamling og evaluering av velferdsstatus hos rognkjeks, som gjør at man kan identifisere faktorer som påvirker velferd. Kunnskapen som oppnås kan brukes til å etablere effektive tiltak som sikrer videre, forsvarlig bruk av rognkjeks som en forebyggende strategi mot lus.

Flere studier har utviklet operative velferdsindikatorer (OVI) som kan brukes for å evaluere velferd i merd fortløpende, som et grunnlag for å identifisere faktorer som reduserer velferd (Brooker mfl., 2018; Gutierrez Rabadan mfl., 2021; Imslund mfl., 2020; Noble mfl., 2019; Treasurer og Feledi, 2014). Utvalget og scoringen av den enkelte OVI er veldig lik i alle disse studiene, og kan sies å være tilnærmet standardisert. Men, måten disse OVIene er brukt for å vurdere overordnet velferd hos rognkjeks er veldig variabelt. Det er derfor behov for en standardisert overordnet velferdscoring slik at velferdsdata som er samlet inn av aktører som følger opp rognkjeks kan være sammenlignbart. Dette vil sørge for at man får en mye bedre forståelse for velferdsbildet hos rognkjeks i norske laksemerder.

Hvilke faktorer som påvirker rognkjeksens velferd mest negativt er fortsatt uklart. Sykdommer er ofte påpekt som hovedutfordringen, med sykdomsutbrudd som skyldes smitte av både bakterier, virus og sopp (Brooker mfl., 2018; Sommerset mfl., 2021). Andre faktorer som høy vanntemperatur og høy vannstrømhastighet (Hvas mfl., 2018), samt lavt oksygeninnhold i vannet (Jørgensen mfl., 2017; Remen mfl., 2022) kan også påvirke velferden negativt. I tillegg er det lite dokumentert hvorvidt produksjonsbetingelser (eksempelvis håndteringsoperasjoner, fôring, størrelse på laksen, flere arter rensefisk og innblandingsprosent) også har en effekt på velferd hos rognkjeks. I Fiskehelse rapporten 2020 (Sommerset mfl., 2021) viser de til tilbakemeldinger fra fiskehelsepersonell som forteller om utfordringer i forbindelse med håndtering og utfisking ved avlusing, og Austad (2021) viste at dødelighet øker etter avlusing.

Rognkjeksens lusebeite-effektivitet er kjent for å variere, både mellom lokaliteter og gjennom året. Årsakene til disse variasjonene er ikke godt kartlagt, men skyldes mest sannsynlig en kombinasjon av miljøbetingelser og biologiske faktorer. Vekt er godt dokumentert som en viktig faktor (Agatsuma, 2013; Boissonnot mfl., 2022; Eliassen mfl., 2018), samt adferd (Imsland mfl., 2019a; Staven mfl., 2019), genetiske faktorer (Imsland mfl., 2016) og tilgang til ulike fôrtyper (Eliassen mfl., 2018; Imsland mfl., 2018b) er blitt undersøkt. Men, det er fortsatt uenigheter rundt hvorvidt enkelte faktorer påvirker lusebeite-effektiviteten i positiv eller negativ forstand. For eksempel er det ikke enighet om tilgang til dyreplankton eller begroingsorganismer påvirker effektiviteten. Eliassen mfl. (2018) har funnet positive effekter mens Powell mfl. (2018) har påstått at nøter må holdes ren for å øke lusebeite-effektivitet. Det er heller ikke kjent hvorvidt velferd påvirker lusebeite-effektiviteten. Hos laks er det dokumentert at nedsatt velferd reduserer appetitten (Hvas mfl., 2022), og man mistenker at dette også er tilfellet hos rognkjeks.

Denne rapporten sammenstiller resultatene fra registrerte velferdsindikatorer fra 12 lokaliteter i Midt-Norge i perioden vår 2019-høst 2021. Dette datamaterialet består i hovedsak av individbaserte velferdsindikatorer og kategorisering av mageinnhold. I tillegg ble det ved 6 lokaliteter gjennomført et utvidet overvåkingsprogram med hensyn på helsestatus, som omfatter påvisning av sykdomsagens på både levende og død rognkjeks, og produksjonsforhold i form av gjennomførte avlusinger, notvedlikehold (notskifte og notvask) og fôringsstrategier. Miljøundersøkelser gjennomført ved 2 av disse lokalitetene inkluderte hyppige målinger av vannstrøm, oksygen og temperatur, månedlige uttak av vannprøver for analyse av alger og partikler, håvtrekk for visuell analyse av zooplankton og kartlegging av miljøvariasjoner.

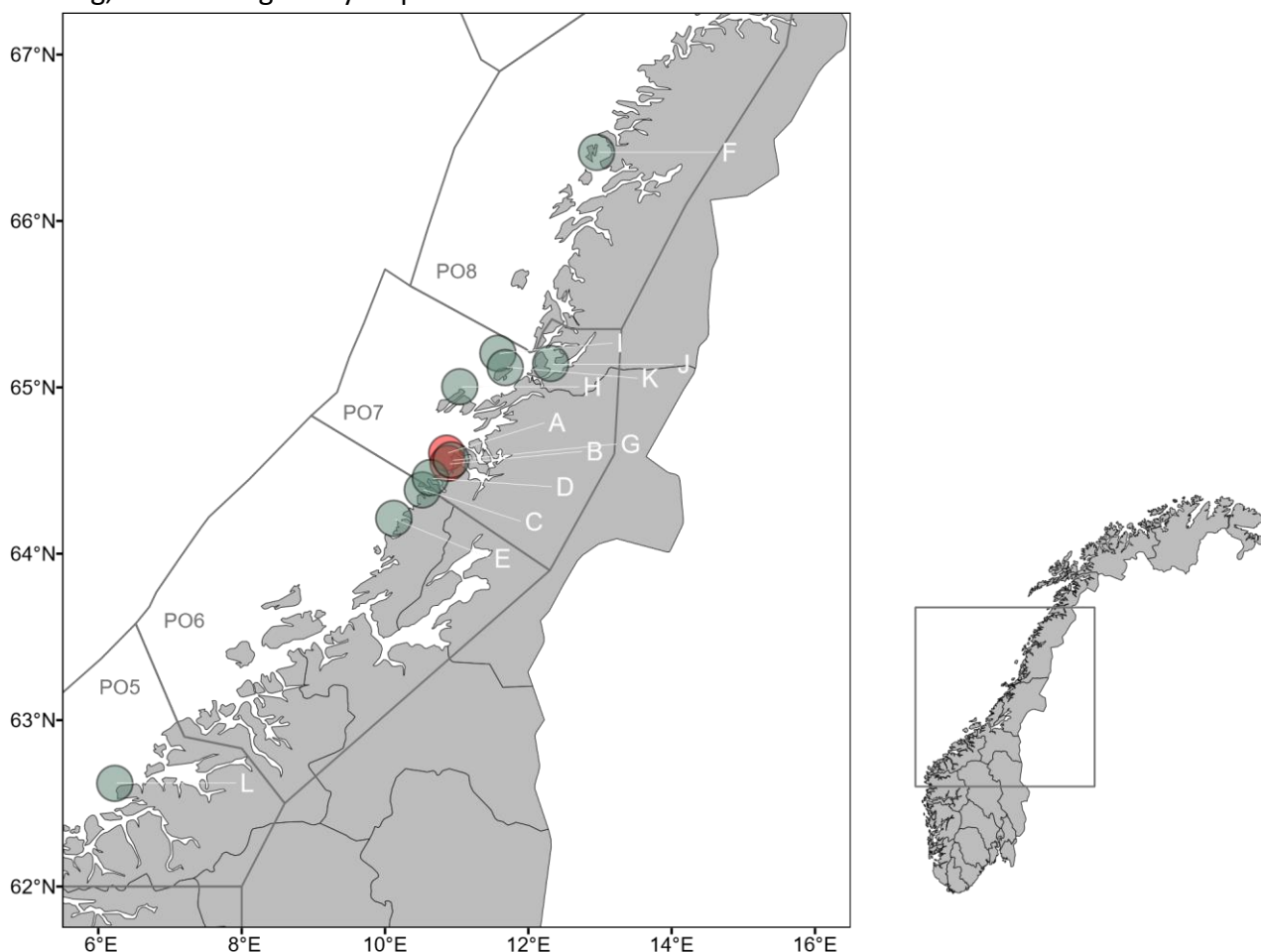
For å øke kunnskapen om fiskevelferd og lusebeite-effektivitet hos rognkjeks i merd ble det formulert fem konkrete spørsmål i denne studien: (1) Hvordan kan man vurdere overordnet velferdsstatus hos rognkjeks? (2) Hvordan utvikler velferdsstatusen seg etter utsett i merd? (3) I hvilken grad kan utvikling i velferdsstatus kan relateres til produksjonsforholdene og vannmiljøet? (4) Hvordan påvirker fiskevelferd rognkjeks sin lusebeite-effektivitet? (5) Hvordan påvirker tilgang til andre fôrtyper lusebeite-effektiviteten hos rognkjeks i merd?

2. Materiale og metode

2.1. Lokalteter

Rognkjeks på 12 lokaliteter i produksjonsområde 5, 6, 7 og 8 (Fig. 1) ble fulgt opp. Til sammen ble det samlet inn data fra 16 ulike utsett: høst 2018 (H18), høst 2019 (H19), og vår og høst 2020 og 2021 (hhv. V20, H20, V21 og H21). Det ble gjennomført en tettere oppfølging på 6 av disse lokalitetene (lokalitet A-F), med månedlig besøk fra juli 2020 til juli 2021, når dette var praktisk mulig. Ved 2 lokaliteter (A og B) ble det også gjennomført kontinuerlig miljøovervåking fra september 2020 til februar/mars 2021. Ved hver av de 12 lokalitetene ble tre merder fulgt opp, og disse behandles som triplikater ved sammenligning av lokalitetene.

Produksjonsbetingelser ble registrert ved lokalitetene A-F, som inkluderer tidspunkt for mekanisk avlusing, notskifte og notbytte på merdnivå.



Figur 1: Oversikt over lokalitetene og produksjonsområder (PO). De røde prikkene viser lokaliteter med utvidet overvåkingsprogram (lokaliteter A og B).

2.2. Miljøbetingelser

Fra september 2020 til februar/mars 2021 ble det gjennomført undersøkelser av miljøbetingelser ved lokalitetene A og B.

Hydrografi

Det ble innhentet hydrografiprofiler omtrent annenhver uke ved begge lokalitetene gjennom oppfølgingsperioden. Det ble gjort målinger av temperatur, salinitet, tetthet, oksygen og fluorescens. For å dekke hele notdybden ble de hydrografiske profilene innhentet fra vannoverflaten og ned til omtrent 60 meters dyp. Målingene ble utført av to måleinstrument av typen CTD modell SD204 (SAIV AS) påmontert RINKO III optisk oksygensensor. Det er i tillegg innhentet data på sjøtemperatur fra lokalitetene A-F og oksygenmetning fra lokalitetene A-E.

Vannstrøm

Vannstrøm ved begge lokalitetene ble målt ved bruk av en 400 kHz akustiske strømmålere (produsert av Nortek AS) i henhold til NS 9425-2:2003. Instrumentene var montert pekende oppover på ca. 30 meters dyp i en bunnforankret rigg. Målerne registrerte sammenhengende i 90 sekunder, og hvilte så i 510 sekunder. Instrumentoppsettet var på 25 celler x 2 meter, noe som ga en rekkevidde på 50 meter.

Dyreplanktonsamfunnet

Det ble gjennomført månedlige prøveuttak av dyreplankton. Prøvene ble tatt med to parallelle vertikale håvtrekk fra 10 til 0 meter med hhv. ringhåv med cod-end (180 μm maskestørrelse, 0,2 m² åpning) og ringhåv med ventil (90 μm maskestørrelse, 0,07 m² åpning). Dersom det var maneter > 5 mm i håven ble innholdet overført til en vid bøtte med lokk ved hjelp av en spruteflaske med filtrert sjøvann. Deretter ble manetene tatt ut av bøtten, antallet registrert, og overført til 500 ml prøvebokser i plast. Prøvene fra 180 μm håven ble filtrert gjennom sifter på 1000 μm og 180 μm , og innholdet i hver sikt ble overført til hver sin 100 ml prøveboks i plast. Prøveinnholdet ble deretter etterfylt med saltsprit for preservering. Saltsprit ble laget i forkant av prøveuttak: 1 l saltsprit = 730 ml 96 % ethanol + 270 ml saltvann. Saltvann ble laget med 9,45 g NaCl per 270 ml destillert vann. Prøvene ble sortert under et Leica DM2000 disseksjonsmikroskop. Identifisering av slekt var basert på morfologi og størrelse. Dyreplanktontetthet (ind per m⁻³) var beregnet med forutsetning om at håv-effektiviteten var 100 %.

2.3. Oppfølging av rognkjeks

Oppfølging av rognkjeks ble gjennomført fra mars 2019 til og med desember 2021. Lokalitetene A, C, D og F ble fulgt fra første utsett av rognkjeks og frem til avlusing, destruering eller utgang ved dødelighet mellom første og andre avlusing. Øvrige lokaliteter ble fulgt i kortere perioder i produksjonssyklusen.

Totalt ble det tatt prøver av 3112 levende rognkjeks, og med et minimum på 30 rognkjeks per lokalitet per besøk. Uttak ble utført på formiddagen før dagens fôring, ved hjelp av enten håndhåv eller kastenot (orkast) fra merdkanten. Ved behov ble det brukt fôr til å lokke rognkjeks nærmere overflaten. Avliving ble utført med en overdose av Benzoak-vet. (ACD Pharmaceuticals AS), rett etter prøvetaking (omtrent 20 ml/ 14 l sjøvann i 5 minutter). Rognkjeks ble veid med en presisjon på 1 g.

2.3.1. Operative velferdsindikatorer

For hvert individ ble det gjennomført scoring av OVI for å dokumentere og vurdere fiskevelferd i henhold til prosedyre beskrevet i [Austad mfl. \(2021\)](#), basert på [Noble mfl. \(2019\)](#). Det ble brukt et standard 0-3 scoringssystem som kan gjennomføres ute på merdkanten (Tab. 1). Øyebledning og øyeskade ble scoret enkeltvis for hvert øye, og rognkjeksens ble dermed vurdert på totalt syv OVI. Av ulike årsaker var det tilfeller hvor det ikke hadde blitt scoret på alle syv parameterne eller at enkeltscoringer måtte forkastes på grunn av feilregistreringer.

Tabell 1: Oversikt over operative ytre velferdsindikatorer som ble registrert med tilstandsscore og vurdering. Hentet fra [Austad mfl. \(2021\)](#).

Parameter	Scoring	Vurdering
Halefinne	0	Inntakt halefinne/ingen erosjon
	1	Noe erosjon/slitasje
	2	Tydlig erosjon/slitasje, deler er borte
	3	Halefinne erodert bort
Andre finner	0	Inntakte finner/ingen erosjon
	1	Noe erosjon/slitasje
	2	Tydlig erosjon/slitasje, deler er borte
	3	Enkelte eller alle finner erodert bort
Hud	0	Ingen synlige sår/skader/slitasje/sykdom
	1	Antydning til sår/skader/slitasje/sykdom
	2	Betydelige sår/skader/slitasje/sykdom
	3	Omfattende sår/skader/slitasje/sykdom
Øyebledning	0	Ingen øyebledning
	1	Mindre øyebledning
	2	Større øyebledning
	3	Kraftig øyebledning
Øyeskade	0	Ingen øyeskade
	1	Mild øyeskade
	2	Moderat øyeskade
	3	Alvorlig øyeskade

2.3.2. Indre parametere

Obduksjon ble utført med formål å vurdere ansamlingen av væske i bukholen (ascites), fargeforandringer/bleddninger på indre organer, og oppsvulming av organer (Tab. 2). I motsetning til OVI, ble ikke de indre lytene gradert fordi det ikke foreligger standarder for slik gradering. I tillegg til indre lyter ble leverfargen scoret for hver rognkjeks, fra en blek, fargeløs lever (score 1-2), til lysende oransje (score 3-4) og brun/rød lever (score 5-6) (Fig. 2).

2.3.3. Sykdomsdiagnostikk

Det ble tatt ut prøver til histologi, PCR og bakteriologi fra 15 rognkjeks ved hvert besøk ved lokalitene A-F (6 lokaliteter) fra april t.o.m. desember 2020. Prøver til histologiske analyser ble tatt ut (Tab. 3) med vev (maks. 0,4 x 1 cm x 1 cm) lagt på 4 % formaldehyd. Histologiprøvene ble oppbevart kjølig etter uttak for å redusere nedbrytning før maksimal fiksering ble nådd. For PCR-analyser ble det tatt

ut to vevsbitar fra nyrene (ca. 2 x 2 x 2 mm) med steril pinsett og skalpell. Vevsbitene ble plassert på RNA-later, deretter oppbevart i kjøleskap (4 °C) i ca. 24 timer og senere i fryser på -20 °C fram til forsendelse.

Tabell 2: Oversikt over indre velferdsindikatorer som ble registrert med tilstandsscoring og vurdering. Hentet fra [Austad mfl. 2021](#).

Parameter	Scoring	Vurdering
Ascites	0	Ingen væskeansamling i bukhule
	1	Væskeansamling i bukhule
Fargeforandring lever	0	Ingen fargeforandring
	1	Fargeforandring
Granulomer	0	Ingen granulomer
	1	Granulomer
Svullen nyre	0	Ikke svullen nyre
	1	Svullen nyre
Blødninger på hjerte	0	Ingen blødninger på hjertet
	1	Blødninger på hjertet
Koagel i hjertehule	0	Ikke koagel i hjertehule
	1	Koagel i hjertehule
Blødninger magesekk/tarm	0	Ingen blødninger
	1	Blødninger



Figur 2: Skala for scoring av leverfarge hos rognkjeks. Innenfor hver scoreverdi vil det være ulike sjatteringer, og da velges den scoren som er nærmest. Illustrasjon fra [Austad mfl. 2021](#), leverscoring utarbeidet av [Eliassen mfl. 2020](#).

Tabell 3: Oversikt over organpakke til histopatologiske analyser.

Vev	Beskrivelse
Gjeller	Gjellebue nummer 2 venstre side
Hjerte	Hele hjertet med bulbus arteriosus, forkammer- og hjertekammer.
Lever	Vevsbit
Nyret	Fiksør gjenværende deler som ikke ble benyttet til PCR
Tarmpakke med pankreas	Vevsbit
Milt	Fiksør hele organet
Muskel/hud	Loddrett skive på siden av rognkjeks over beinknutene. Dersom rognkjeks har sår er det viktig at det også tas prøver av sårkant i overgangen mellom friskt vev og forandret vev

Bakteriologiske analyser ble gjort av nyrene på alle individer, samt av sår dersom rognkjeks hadde det. Ettersom rognkjeks mangler svømmeblære har de ingen barriere som beskytter nyrene mot

kontaminering ved prøveuttak, og det var derfor viktig med aseptisk teknikk. Prøveuttak ble gjennomført etter at organer var fjernet forsiktig fra nyreoverflaten. Nytt, sterilt skalpellblad ble deretter benyttet til å lage et snitt i nyrene, før steril podeøse (engangs, plast) ble ført inn i snittet og vendt rundt for prøve. Dette ble gjort to ganger per rognkjeks, hvor én av podeøsene ble inokulert på blodagar og den andre på marin agar. Dersom rognkjeksen hadde sår ble det i tillegg tatt prøver fra sårkant. Såret ble perforert med en steril skalpell, og podeøsen ført forsiktig inn i snittet og inokulert på blodagar og marin agar. For alle inokuleringene (både nyre og sår) ble det gjort to eller tre fortyninger.

PCR- og histologianalyser ble gjennomført av Patogen AS, mens bakteriologiske analyser ble gjennomført av Veterinærinstituttet.

2.3.4. Mageinnhold

Mageinnhold ble visuelt identifisert og registrert i 6 kategorier (lus, rognkjeksfôr, laksefôr, begroingsorganismer, dyreplankton og annet), og rapportert som dikotome variabler. Begroingsorganismer inkluderte makroalger, tanglopper (amfipoder), tanglus (isopoder) og andre bentiske organismer som hydrozoer og mosdyr (bryozoer). Dyreplankton omfattet ribbemaneter (ctenophora), krill (euphausiida), pungreker (mysida), fiskelarver og hoppekreps (kopepoder). Kategorien 'annet' inkluderte plast, organisk materiale med terrestriske opphav, lakseskjell og fjær. Dette ble ansett som en lite relevant kategori og ble derfor ikke inkludert i resultatene. I kategorien 'lus' ble både *L. salmonis* og *C. elongatus* av alle stadier inkludert. Ved forekomst av lus i magen, ble alle luseindividene talt. I de tilfellene det ble fanget rognkjeks ved hjelp av rognkjeksfôr, ble funn av rognkjeksfôr ikke registrert når pellet ble funnet uoppløst i spiserøret eller fremre del av magesekken, da dette indikerte at pelleten ble inntatt under fangst og ikke som en del av ordinær fôring.

2.4. Databehandling

All databehandling ble gjennomført i R (R Core Team, 2021) og Matlab (Matlab, 2010).

2.4.1. Hydrografi og vannstrøm

Det ble foretatt en manuell og automatisk kvalitetskontroll av datasettene med SeaReport og Storm (Nortek programvare), og figurer ble produsert i Matlab. Ved lokalitet A ble instrumentet utsatt for store vertikale bevegelser i enkelte perioder og data fra disse periodene er fjernet i alle undersøkte dyp.

Hydrografiprofilene er fremstilt som interpoleringsplot. Interpolasjon ble brukt for å estimere verdiene i vannsøyla mellom prøvetakingstidspunktene, basert på de kjente verdiene fra hydrografiprofilene. Interpoleringen ble utført ved hjelp av interpoleringsfunksjoner fra Akima og Gebhardt (2021).

2.4.2. Overordnet velferdsscore

For å vurdere overordnet velferdsscore ble det utført en fellesvurdering av utførte scoringer. Maksimumscoren av øyeskade og øyebledning på hvert øye ble benyttet som en fellesvurdering av øyevelferden på hvert øye, og blir videre omtalt som øyeskade. For å få et mer realistisk forhold mellom de ulike scoringsgradene, ble OVI scoreverdiene kvadrert (Tab. 9). De kvadrerte scoringene for hver rognkjeks ble deretter summert, kvadrert sum = halefinne² + andre finner² + hud² + øyeskade høyre² + øyeskade venstre².

På grunn av at rognkjeksene av ulike årsaker ikke alltid ble vurdert på alle velferdsparameterne, ble en overordnet velferdsscore hvor alle totalvurderingene var prosentandeler av maks oppnåelig sum (score 3 på alle vurderte parametere) benyttet:

$$\text{overordnet velferdsscore} = \frac{\text{kvadrert sum}}{\text{antall vurderte parametere} \times 3^2} \times 100$$

Hensikten med dette var å kunne sammenligne på et mer likt grunnlag. Den overordnede velferdsscoren ble gradert i fire alvorlighetsgrader basert på forfatterens subjektive vurderinger, og ble brukt som en overordnet status på rognkjeksens velferd basert på ytre OVI (Tab. 4). Heretter vil overordnet velferdsscore bli brukt som benevnelse på objektiv gradering av velferdsscore og velferdsstatus om den subjektive vurderingen av velferdsscore (iht. Tab. 4).

Tabell 4: Oversikt over gradering av velferdsstatus fra god til alvorlig redusert, basert på overordnet velferdsscore (0-100).

Overordnet velferdsscore	Scoring	Velferdsstatus
Velferdsscore = 0	0	God velferd
Velferdsscore <5	1	Noe redusert velferd
Velferdsscore <30	2	Tydlig redusert velferd
Velferdsscore ≥30 og/eller grad 3 på minst en enkel velferdsindikator	3	Alvorlig redusert velferd

2.4.3. Utsettstidspunkt

Antall dager i sjø ble benyttet for å se på velferdsutviklingen over tid. Det ble antatt at alle undersøkte rognkjeks hadde stått i merd fra dag en, da det var umulig å skille rognkjeksene på utsettstidspunkt siden de ikke var merket. Vektmålingene indikerte derimot at også etterfylt rognkjeks var vurdert (Fig. 32 i vedlegg). Medianvekten på de undersøkte rognkjeksene falt betraktelig etter 360 dager og det var tydelig at hovedvekten av de undersøkte rognkjeksene ett år etter første utsett ikke hadde stått i merden fra start.

2.4.4. Multipel regresjonsanalyse

For å vurdere årsakene til redusert velferd ble multipel regresjonsanalyse benyttet. Data på temperatur, vekt, oksygen, dager etter utsett, avlusing og notvedlikehold (notskifte og notvask) fra lokalitetene med jevn oppfølging ble benyttet som forklaringsvariabler og den overordnede velferdsscoren som respons. På grunn av manglende oksygendata ble ikke velferdsdata fra lokalitet

F inkludert i regresjonsanalysen. I de mottatte oksygendataene fra de andre lokalitetene var det totalt 3 uker det ikke var registrert oksygenmålinger på. For at velferdsmålingene fra disse ukene kunne inkluderes i regresjonsanalyse ble interpoleringsfunksjonen `na.approx()` i R benyttet for å beregne oksygenmetningen (Zeileis og Grothendieck, 2005).

Variablene for avlusing og notvedlikehold ble håndtert som indikatorvariabler som var 1 hvis det hadde blitt utført avlusing/notvedlikehold de siste 30 dagene og 0 ellers. Siden oppfølgingen ble avsluttet innen 30 dager etter første avlusing var denne 0 frem til første avlusing og 1 etter. Det var ikke nødvendigvis forventet en lineær sammenheng mellom alle forklaringsvariablene og overordnet velferdsscore. Hver parameter ble derfor plottet mot overordnet velferdsscore for å vurdere om et kvadratisk ledd også skulle inkluderes i regresjonsmodellen.

Etter uttesting av flere regresjonsmodeller ble betaregresjon (Cribari-Neto og Zeileis, 2010), med log som link-funksjon, valgt som den mest egnede modellen. Den overordnede velferdsscoren strakte seg fra 0 til 100, mens responsvariabelen i betamodellen begrenset seg til det åpne intervallet (0,1). For å få alle responsene innenfor det åpne intervallet ble den overordnede velferdsscoren, y , transformert med $\frac{1}{n}(0,01y(n-1) + 0,5)$, hvor n var størrelsen på datasettet (Cribari-Neto og Zeileis, 2010). Betamodellen har i tillegg til den delen som predikerer effekten, en modellkomponent som predikerer dispersjonsparameteren. Variansen til regresjonsmodellen øker med en synkende dispersjonsparameter. For å unngå heteroskedasity (ulik varians) ble lokalitet-ID og antall dager siden utsett inkludert som forklaringsvariabler i denne delen.

Miljødataene fra det utvidede overvåkningsprogrammet ved lokalitet A og B ble inkludert i en utvidet regresjonsanalyse for å vurdere hvordan rognkjeksens velferd ble påvirket av miljøparametrene. Temperatur, oksygen, salinitet, klorofyll og strømhastighet fra lokalitet A og B, ble sammen med vekt, dager etter utsett og produksjonshendelser inkludert som forklaringsvariabler. Det ble ikke utført avlusinger eller notbytter på lokalitetene under oppfølgingsperioden med utvidet innsamling, så det var kun indikatorvariabelen for notspyling som ble inkludert i regresjonsanalysen. Variance inflation factor (VIF), som angir graden av multikolinearitet i en regresjonsmodell, ble sammen med korrelasjonsplot benyttet for å velge passende forklaringsvariabler.

I begge regresjonsanalysene ble en full regresjonsmodell med alle aktuelle forklaringsvariabler først tilpasset. Videre ble baklengs seleksjon med Akaike information criterion (AIC) benyttet for å finne den modellen som forklarte størst mengde av variasjonen ved hjelp av færrest mulige uavhengige variabler. Ikke-signifikante faktorer i modellen ble stegvis fjernet, og modellen med lavest AIC ble valgt. I tillegg ble forenklingen av regresjonsmodellene kontrollert med likelihood ratio test. Residualplot ble studert for å sjekke om modellantagelsene var oppfylt.

En av rognkjeksene i datasettet skilte seg betraktelig ut med en mye høyere overordnet velferdsscore enn resten av rognkjeksene. Mesteparten av de undersøkte rognkjeksene hadde relativt god velferd, men de registreringene som ble gjort av rognkjeks med dårlig velferd ble også sett på som en naturlig del av datasettet. Det var uansett ønskelig å redusere innflytelsen av den ene vurderingen med maksimal overordnet velferdsscore. For å unngå at denne observasjonen

påvirket regresjonsanalysen altfor mye, ble den overordnede velferdsscoren i responsvariabelen nedjustert til 80 %, som fortsatt var den høyeste overordnede velferdsscore.

2.4.5. **Diett preferanser**

Sesongvariasjoner av andel rognkjeks med ulike fôrtyper i magen ble undersøkt ved bruk av lokale regresjoner, mens sammenhengen mellom andel rognkjeks med ulike fôrtyper i magen og luseapetitt ble studert ved bruk av polynomiske regresjoner (grad 2).

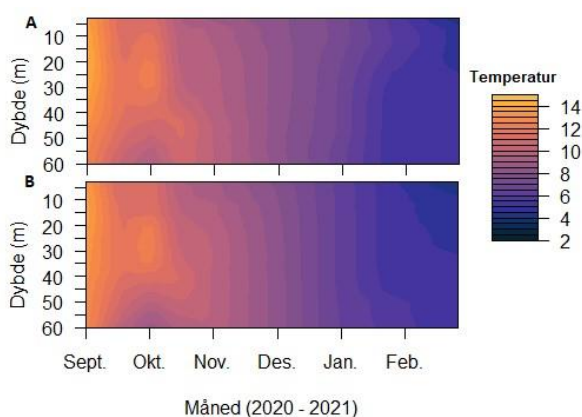
Hverken antallet lus i magen eller rognkjeksens overordnede velferdsscore var normalfordelte. Ikke-parametriske metoder ble derfor benyttet for å vurdere effekten rognkjeksens velferd hadde på lusebeite-effektiviteten. Kruskal Wallis ble benyttet for å teste om det var signifikante forskjeller i overordnet velferdsscore mellom rognkjeks som hadde lus i magen og de som ikke hadde det. Kendall rank korrelasjon ble benyttet for å undersøke om det var korrelasjon mellom velferdsstatus og om rognkjeksens spiste lus eller ikke. Den ble også benyttet for å finne korrelasjon mellom overordnet velferdsscore og antallet lus i magen.

3. Resultater

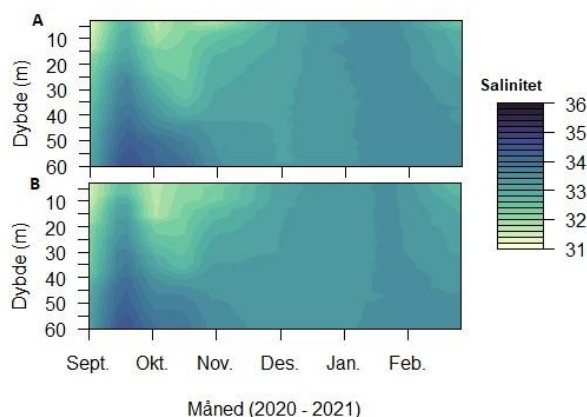
3.1. Miljøbetingelser

Hydrografi

Overordnet fulgte de ulike hydrografiske parameterne samme mønster og utvikling gjennom måleperioden ved begge de undersøkte lokalitetene (lokalitet A og B; Fig. 3-6). På sensommeren økte saliniteten med økende dybde, mens temperaturen sank med økende dybde. Om høsten og vinteren økte den vertikale miksing av vannsøyla, og de vertikale forskjellene i temperatur og salinitet ble redusert.

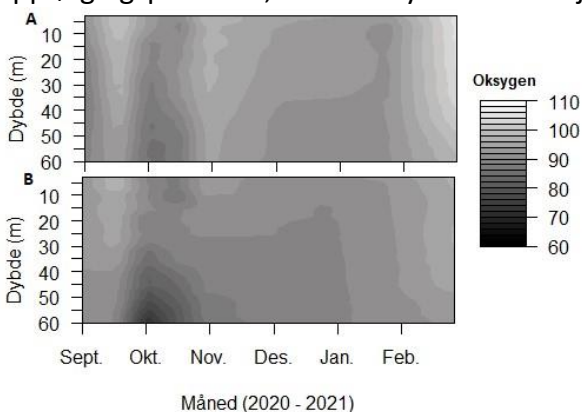


Figur 3: Interpolerte temperaturprofiler (°C) fra september 2020 til mars 2021 ved lokalitetene A og B fra 0 til 60 meters dybde.

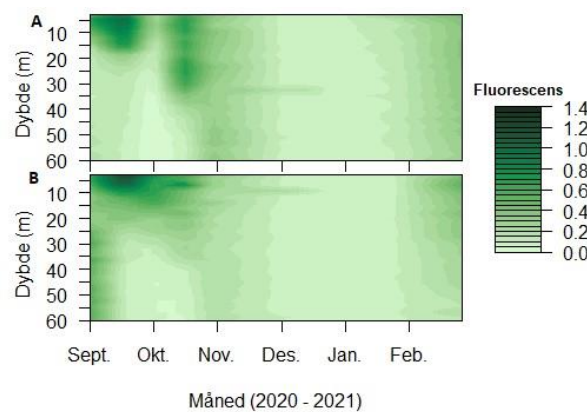


Figur 4: Interpolerte salinitetsprofiler fra september 2020 til mars 2021 ved lokalitetene A og B fra 0 til 60 meters dybde.

Oksygenmetningen var god gjennom hele oppfølgingsperioden (> 80 %; Fig. 5). Det ble registrert noen forskjeller mellom lokalitetene, hvor lokalitet B hadde noe lavere metning sammenlignet med lokalitet A. Fluorescensmålingene viste lav primærproduksjon ved begge lokalitetene i løpet av oppfølgingsperioden (Fig. 6). Klorofyllkonsentrasjonen, indikert ved hjelp av fluorescens, var høyest i overflatelaget (0-10 m) i september og tidlig oktober. I dypere vannmasser, samt senere i oppfølgingsperioden, var klorofyllkonsentrasjonen lav.



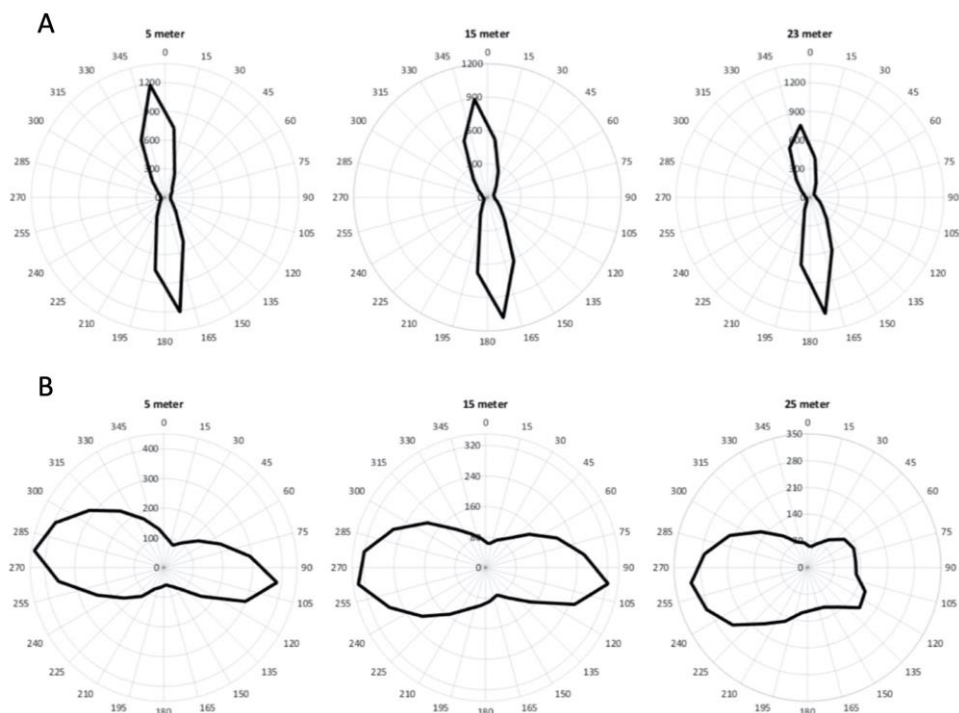
Figur 5: Interpolerte oksygenmetningprofiler (%) fra september 2020 til mars 2021 ved lokalitetene A og B fra 0 til 60 meters dybde.



Figur 6: Interpolerte fluorescensprofiler ($\mu\text{g l}^{-1}$) fra september 2020 til mars 2021 ved lokalitetene A og B fra 0 til 60 meters dybde.

Vannstrøm

Vannstrømmen var tidevannsstyrt og fulgte batymetriens orientering i målepunktet ved begge lokalitetene. De dominerende strømrøtningene ved lokalitet A og B var derfor hhv. nord-sør og vest-øst, og vannstrømmen vekslet hovedsakelig mellom disse retningene i takt med tidevannet (Fig. 7). Dette mønsteret var tydeligere ved lokalitet A, som i tillegg var mer strømssterk med høyere gjennomsnittsstrøm i alle måledyp (Tab. 5). September, oktober og november var de mest strømssterke månedene ved begge lokalitetene, og januar og februar var de svakeste månedene.



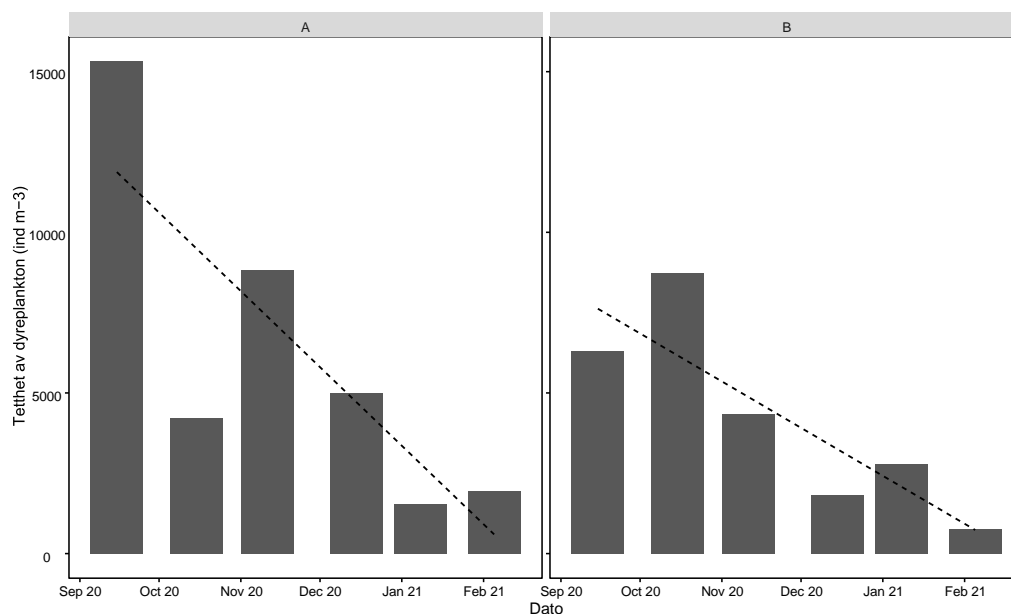
Figur 7: Vannstrøm ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dag}$) for hver 15° sektor på 5, 15 og 23/25 meters dyp i oppfølgingsperioden ved lokalitetene A og B.

Tabell 5: Gjennomsnittsstrøm (cm/s) i ulike måledyp ved lokalitetene A og B.

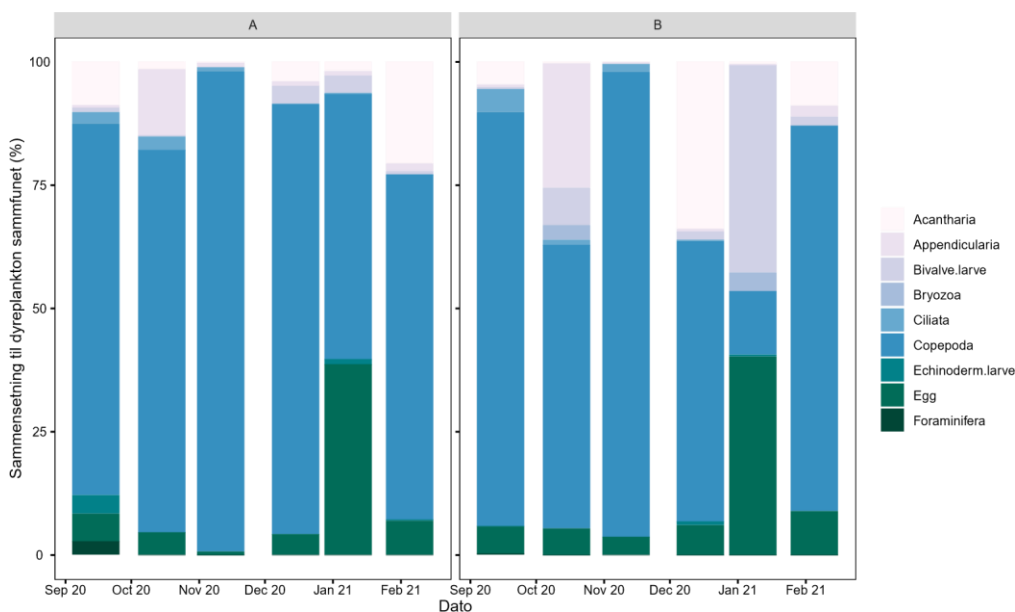
Måledyp	Lokalitet A	Lokalitet B
5 meter	8.1 cm/s	5.5 cm/s
7 meter	7.8 cm/s	5.2 cm/s
15 meter	7.3 cm/s	4.7 cm/s
23/25 meter	7.1 cm/s	4.2 cm/s

Dyreplanktonsamfunnet

Tettheten av dyreplankton var lik ved begge lokalitetene (A og B; 7661 ind. m^{-3} mot 3152 ind. m^{-3}), og hadde en signifikant reduksjon fra september til februar (hhv. $p < 0,05$, $R^2 = 0,26$ og $p < 0,05$, $R^2 = 0,20$; Fig. 8). På alle uttak var dyreplanktonsamfunnet dominert av individer $< 180 \mu\text{m}$ (98,4 %), herunder av kopepoder ($> 50\%$). Unntaket var i januar ved lokalitet B, der representerte kopepoder kun 13 % av samfunnet (Fig. 9). Det ble funnet veldig få maneter på alle uttak ($< 22 \text{ ind m}^{-3}$).



Figur 8: Total tetthet (ind. m⁻³) i dyreplanktonsamfunnet fra september 2020 til februar 2021 ved lokalitetene A og B. Stiplede linjer viser lineære regresjoner til total tetthet.

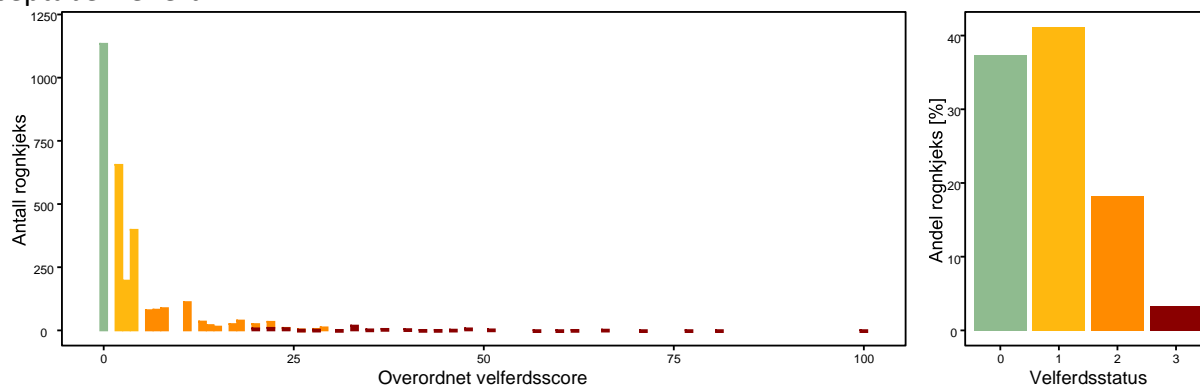


Figur 9: Fordeling av dyreplanktonsamfunnet (%) fra september 2020 til februar 2021 ved lokalitetene A og B. Samfunnet er fordelt i de 9 slektene som bidro til mer enn 2 % av total tetthet.

3.2. Fiskevelferd

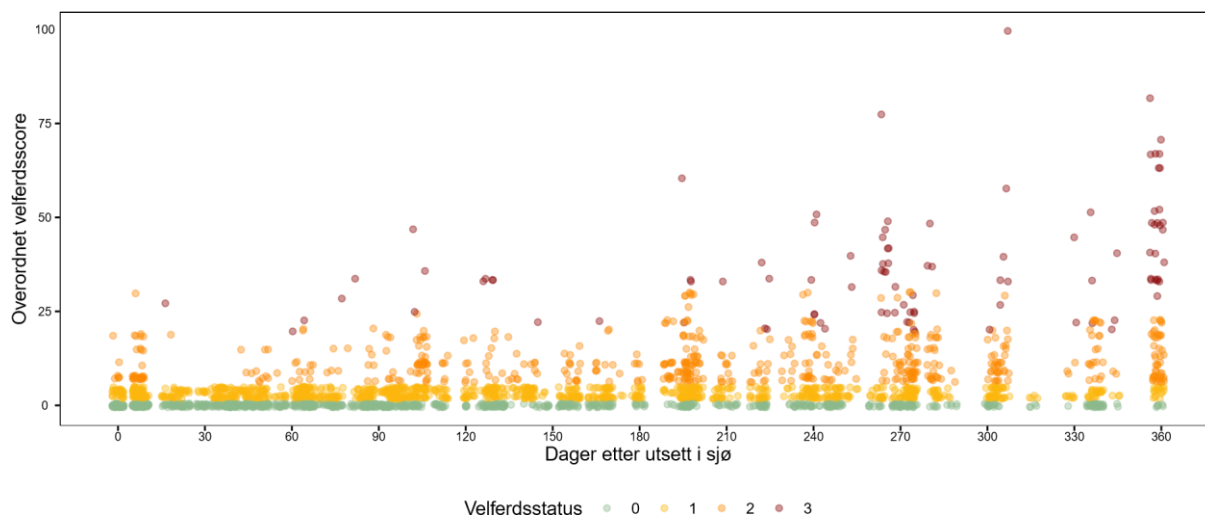
3.2.1. Overordnet velferdsstatus

Resultatene fra rognkjeksoppfølgingen viste at kun 21,5 % av rognkjeksene hadde tydelig eller alvorlig redusert velferd (score 2 og 3), mens 78,5 % hadde god eller noe redusert velferd (score 0 og 1; Fig. 10). Dette indikerte at individene som ble vurdert i denne studien stort sett hadde akseptabel velferd.



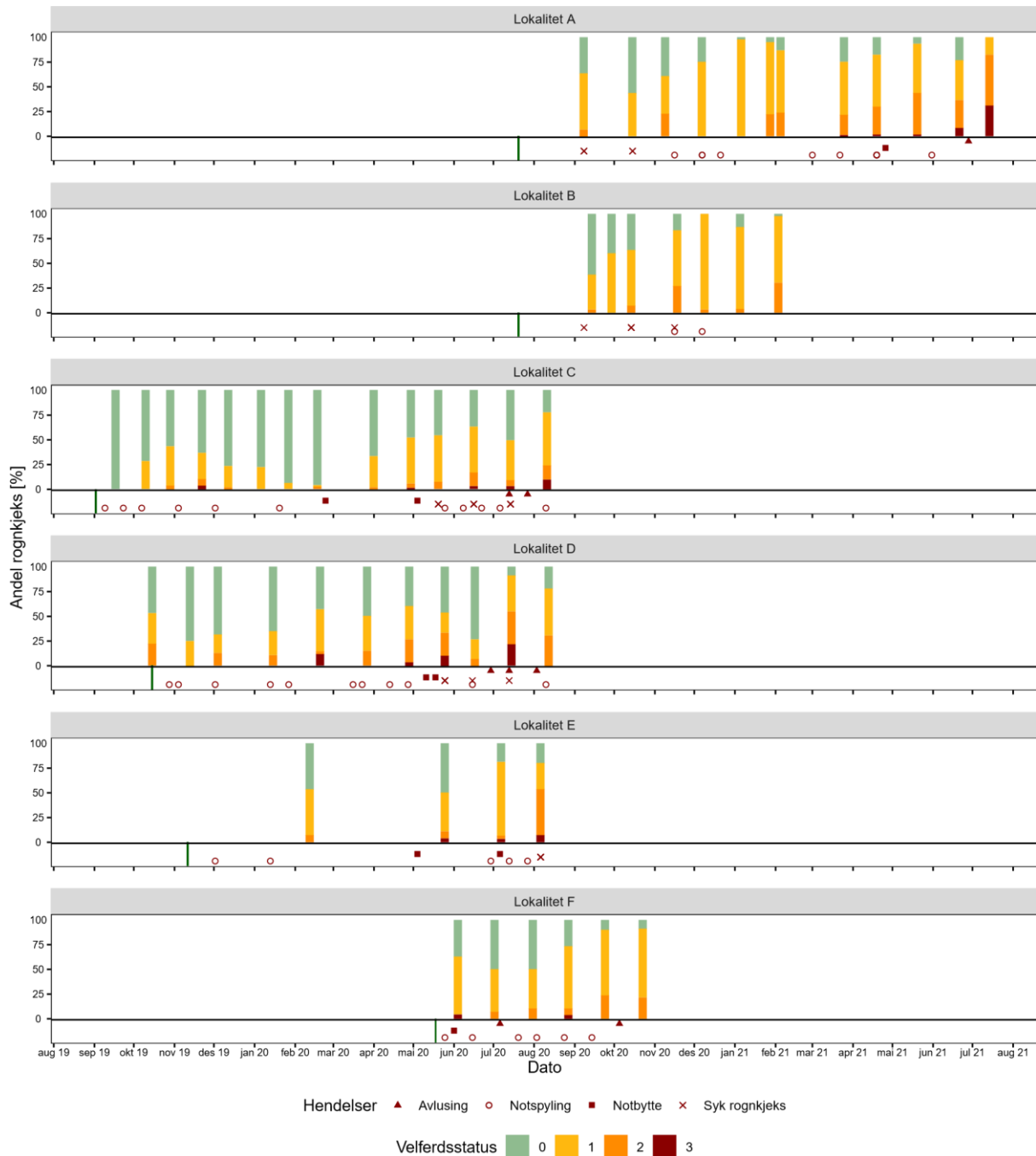
Figur 10: Venstre: fordeling av overordnet velferdsscore hos rognkjeks (%) i oppfølgingsperioden. Høyre: fordeling av velferdsstatus samlet i kategorier 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 3038.

Til tross for relativt god velferd hos rognkjeksene som ble undersøkt ble det observert en økning av overordnet velferdsscore jo lengre rognkjeksene hadde stått i sjø (Fig. 11). Av velferdsscorene gitt den første måneden etter utsett var 10,4 % av tydelig og alvorlig grad og 53,4 % av god grad. Tre måneder senere (3-4 måneder etter utsett) var 30,4 % av velferdsscorene gode og 13,8 % tydelig/alvorlig. Etter 6-7 måneder i sjø var 20,4 % gode og 35,3 % tydelig/alvorlig. Etter 9-10 måneder i sjø var 17,9 % gode og 38,7 % tydelig/alvorlig.



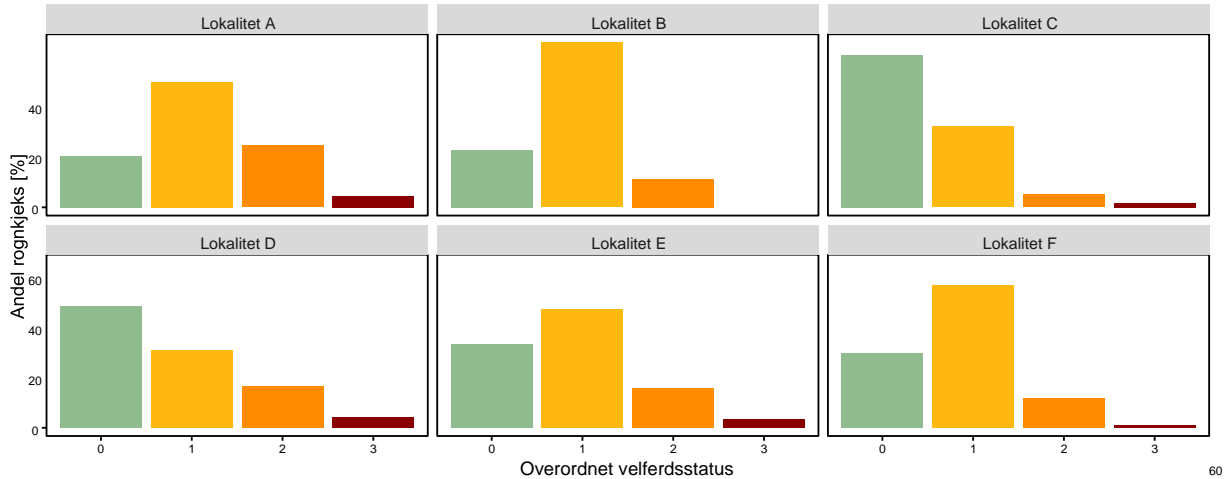
Figur 11: Utviklingen av overordnet velferdsscore (0-100) for alle 12 lokalitetene mot antall dager i sjø etter første utsett blant alle lokalitetene. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 3038.

Ved de fleste lokalitetene var det en betydelig andel rognkjeks med noe redusert velferd (score 1) ved første oppfølging (etter første utsett; Fig. 12). Alle lokalitetene med tettere oppfølging hadde en signifikant økning i overordnet velferdsscore gjennom oppfølgingsperioden ($p < 0,01$; Fig. 33 i vedlegg).



Figur 12: Fordeling av velferdsstatus ved hver av rognkjeksoppfølgningene på lokalitetene A-F. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Registrerte produksjonshendelser er merket av under x-aksen, og den grønne, vertikale streken indikerer utsettsdato. Antall rognkjeks vurdert: 835 ved lokalitet A, 223 ved lokalitet B, 720 ved lokalitet C, 353 lokalitet D, 120 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F. Alle de registrerte velferdsscorene for hver av lokalitetene er presentert i Fig. 33 i vedlegg.

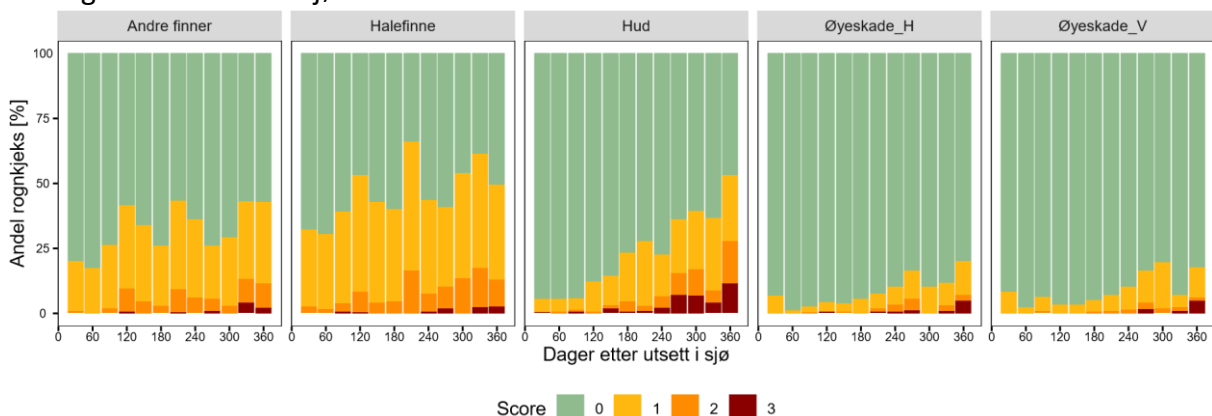
Den totale fordelingen av velferdsstatus på hver av lokalitetene varierte noe, men den var hovedsakelig god og noe redusert (score 0 og 1) ved alle de seks lokalitetene (Fig. 13). Lengden på oppfølgingsperioden og tidspunkt i forhold til utsett varierte fra lokalitet til lokalitet, og dette kan naturligvis ha påvirket fordelingen av velferdsstatusen.



Figur 13: Fordelingen av velferdsstatus ved lokalitetene A-F. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 835 ved lokalitet A (50-359 dager etter utsett), 223 ved lokalitet B (39-198 dager etter utsett), 720 ved lokalitet C (15-344 dager etter utsett), 353 lokalitet D (0-302 dager etter utsett), 120 ved lokalitet E (93-269 dager etter utsett), 177 ved lokalitet F (17-158 dager etter utsett).

3.2.2. Ytre lyter

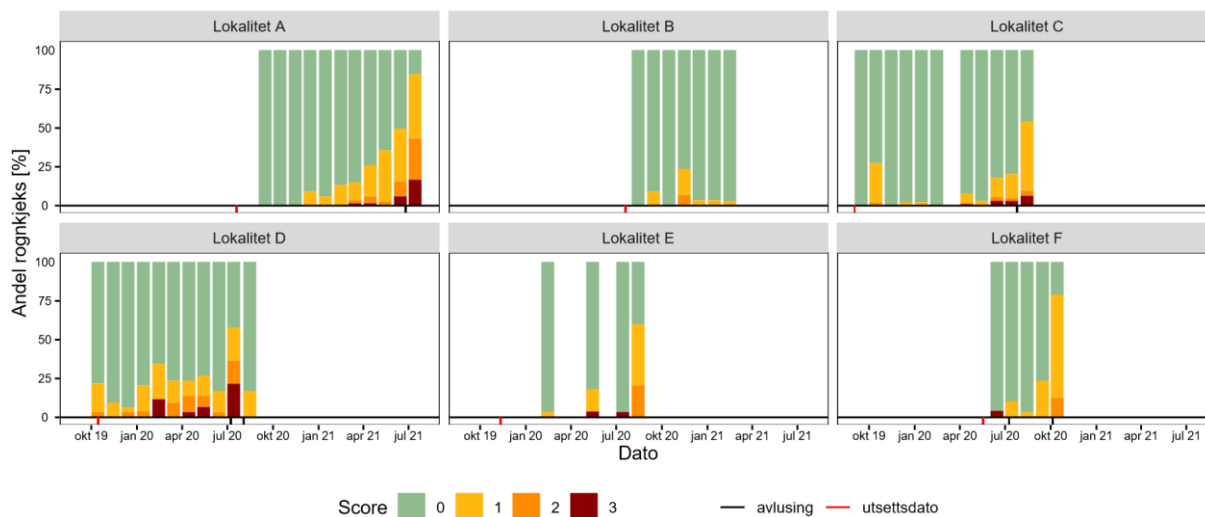
Av de ytre velferdsparametrene, var det skader på hud og finner som oftest ble observert i oppfølgingsperioden. Omtrent halvparten av rognkjeks ble observert med halefinneskader gjennom perioden (Fig. 14). Ved første oppfølging etter utsett var det liten grad av registrerte skader på hud og øye, men både alvorlighetsgraden og andelen rognkjeks med disse skadene økte med antall dager etter utsett i sjø.



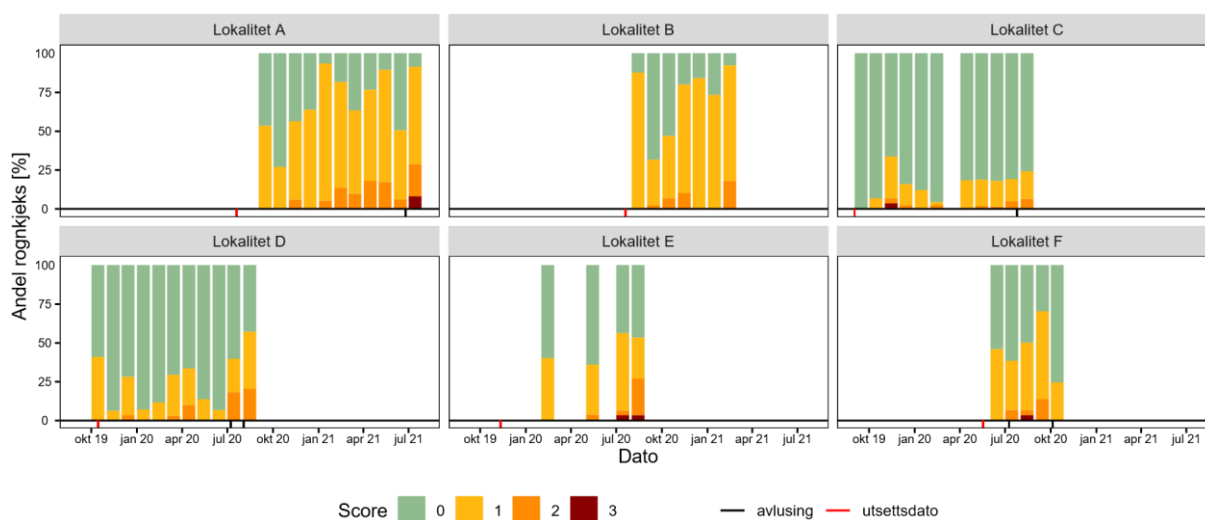
Figur 14: Fordeling av de ulike gradene for hver av de ytre velferdsparametrene mot antall dager i sjø etter første utsett ved alle lokalitetene. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 3037 på andre finner, 3036 på halefinne, 3038 på hud, 2123 på øyeskade venstre øye og 2124 øyeskade høyre øye.

Andelen rognkjeks med hudskader økte fra 5,6 % ved utsett til 53,1 % etter ett år i sjø. Andelen rognkjeks med øyeskade på høyre og venstre øye økte fra hhv. 6,7 % og 8,2 % til 20,0 % og 17,6 %. Av rognkjeksene som ble undersøkt de første 30 dagene etter utsett hadde 32,3 % skade på halefinnen og 20,0 % skade på andre finner. Andelen og alvorlighetsgraden av finneskader økte også over tid, og etter ett år i sjø hadde 49,5 % skade på halefinne og 42,8 % skade på andre finner (Fig. 14).

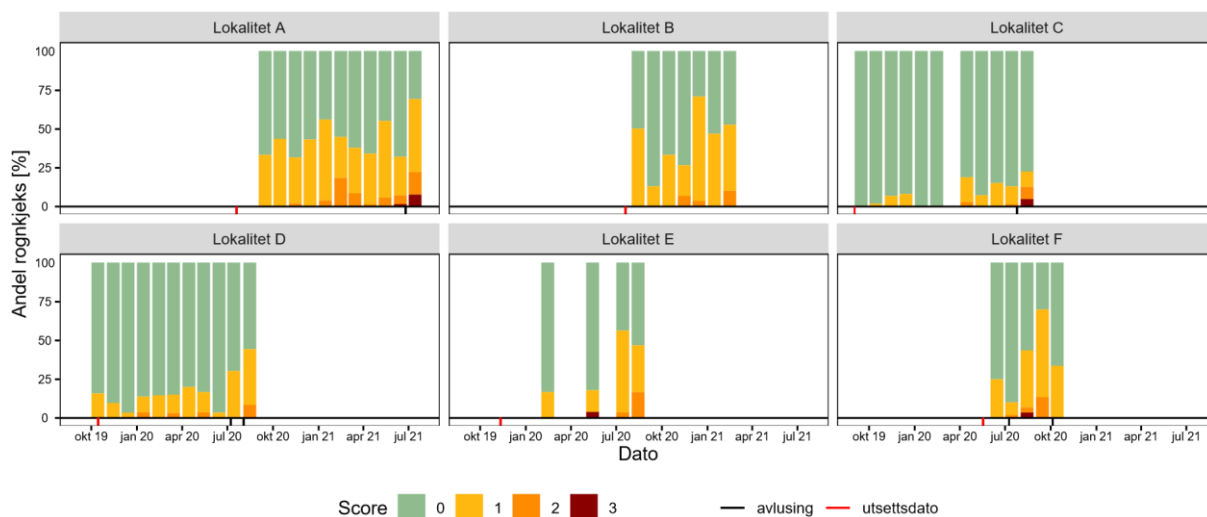
Disse trendene var også synlige på lokalitetsnivå, til tross for mindre variasjoner (Fig. 15-18).



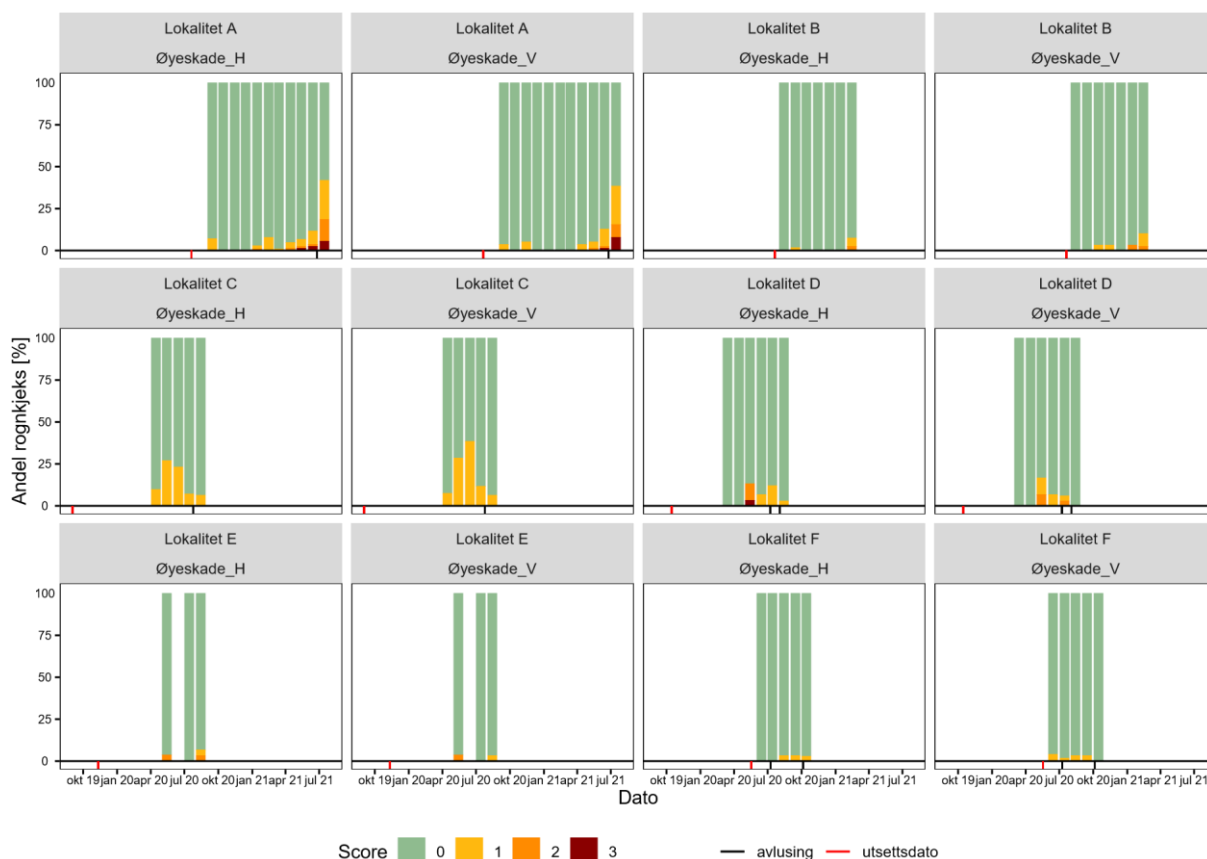
Figur 15: Fordeling av velferdsscorene på hud ved lokalitetene A-F. Farger viser velferdssstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Utførte avlusinger på lokalitetene og utsettsdato er merket av under x-aksen. Antall rognkjeks vurdert: 835 ved lokalitet A, 223 ved lokalitet B, 720 ved lokalitet C, 353 lokalitet D, 120 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



Figur 16: Fordeling av velferdsscorene på halefinne ved lokalitetene A-F. Farger viser velferdssstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Utførte avlusinger på lokalitetene og utsettsdato er merket av under x-aksen. Antall rognkjeks vurdert: 835 ved lokalitet A, 222 ved lokalitet B, 720 ved lokalitet C, 352 lokalitet D, 120 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



Figur 17: Fordeling av velferdsscoreingene på andre finner ved lokalitetene A-F. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Utførte avlusinger på lokalitetene og utsettsdato er merket av under x-aksen. Antall rognkjeks vurdert: 834 ved lokalitet A, 223 ved lokalitet B, 720 ved lokalitet C, 353 lokalitet D, 120 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



Figur 18: Fordeling av velferdsscoreingene på øyeskade på venstre (V) og høyre øyet (H) ved lokalitetene A-F. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Utførte avlusinger på lokalitetene og utsettsdato er merket av under x-aksen. Antall rognkjeks vurdert: 715 ved lokalitet A, 223 ved lokalitet B, 397 ved lokalitet C, 193 lokalitet D, 90 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.

3.2.3. Obduksjonsanmerkninger

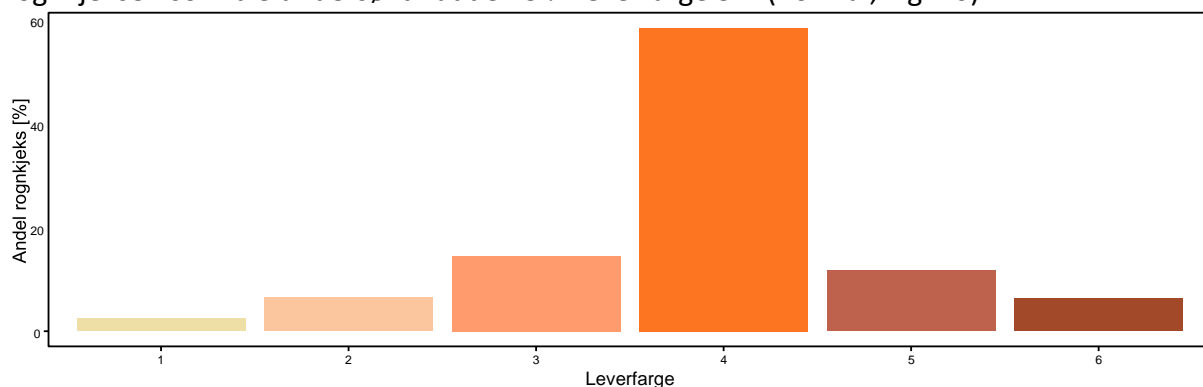
Under obduksjon var det ascites (væske i bukhulen), blødninger på hjerte og svullen milt som oftest ble registrert (Fig. 19), og som i tillegg økte gjennom oppfølgingsperioden. Andel rognkjeks med svullen nyre økte de første seks månedene før andelen stabiliserte seg. Kun få tilfeller av blødninger på andre organer, granulomer, parasitter og koagel i hjertehule ble registrert. Det var for lite data på hvert prøvetidspunkt til å kunne sammenligne velferdsstatus mellom lokalitetene (Fig. 34-37).



Figur 19: Fordeling av anmerkninger ved obduksjon mot antall dager i sjø etter første utsett blant alle lokalitetene. Farger viser funnene: 0 (grønn): ikke til stedet, 1 (gul): til stedet. Antall rognkjeks vurdert: 2070 for ascites, 1938 for blødninger i hjerte, 2052 for blødninger i mage og tarm, 2075 for granulomer, 1986 for koagel i hjertehule, 1281 for marmorert lever, 1311 for leverblødning, 2044 for parasitter, 1286 for svullen milt og 2042 for svullen nyre.

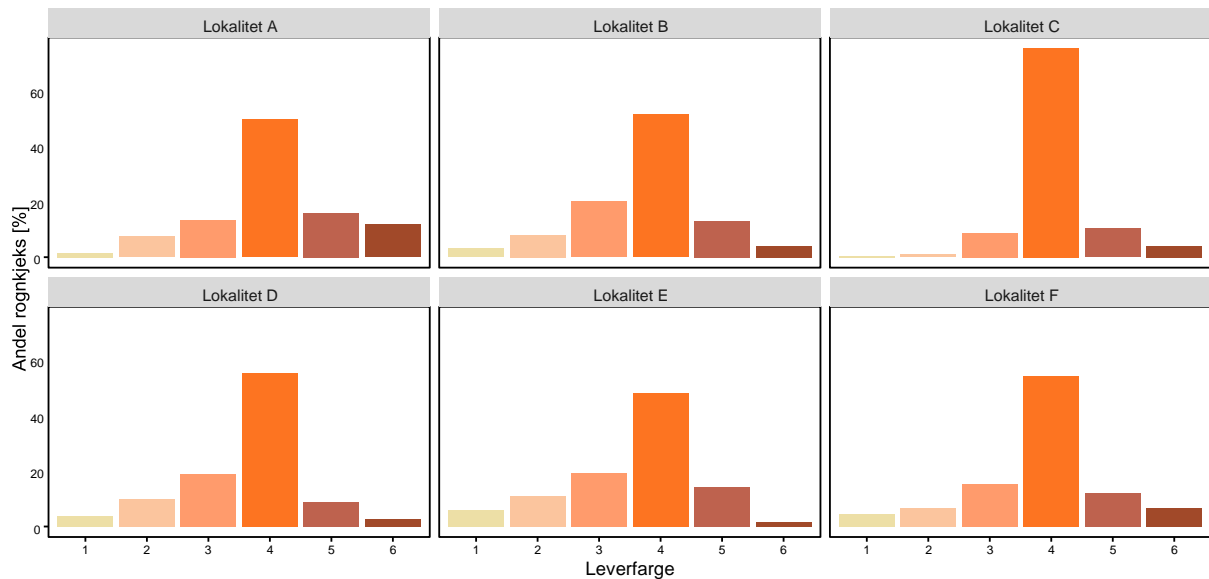
3.2.4. Leverfarge

Av rognkjeks som ble undersøkt hadde 73 % leverfarge 3-4 (normal; Fig. 20).



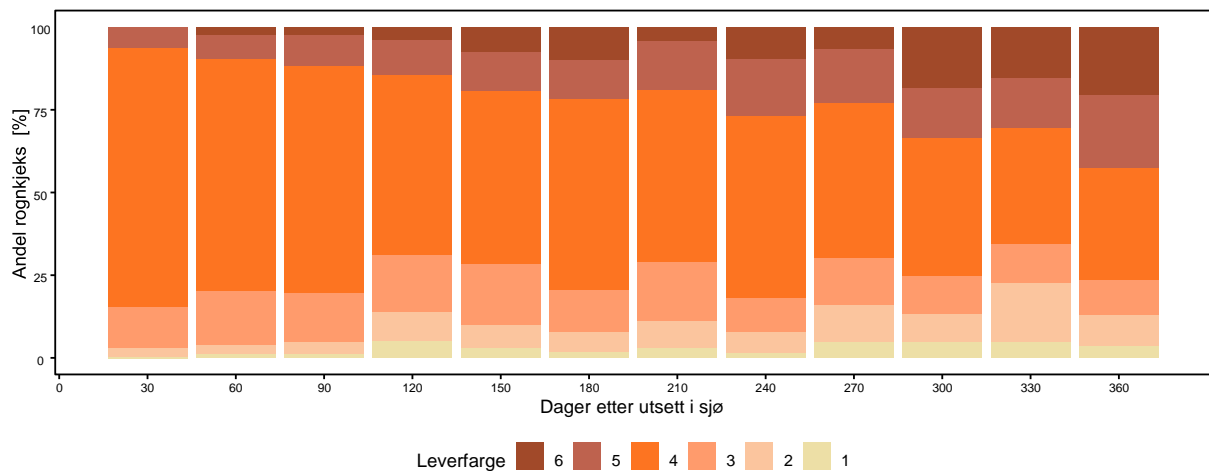
Figur 20: Fordeling av leverfarger i hele oppfølgingsperioden. Antall rognkjeks vurdert: 2833.

Det var ingen store forskjeller i fordelingen mellom lokalitetene, men lokalitet C skilte seg ut med en noe høyere andel rognkjeks med leverfarge 3-4 (84 %; Fig. 21). I tillegg skilte lokalitet A seg ut med en høyere andel rognkjeks med leverfarge 5-6 (mørk; 28 %).



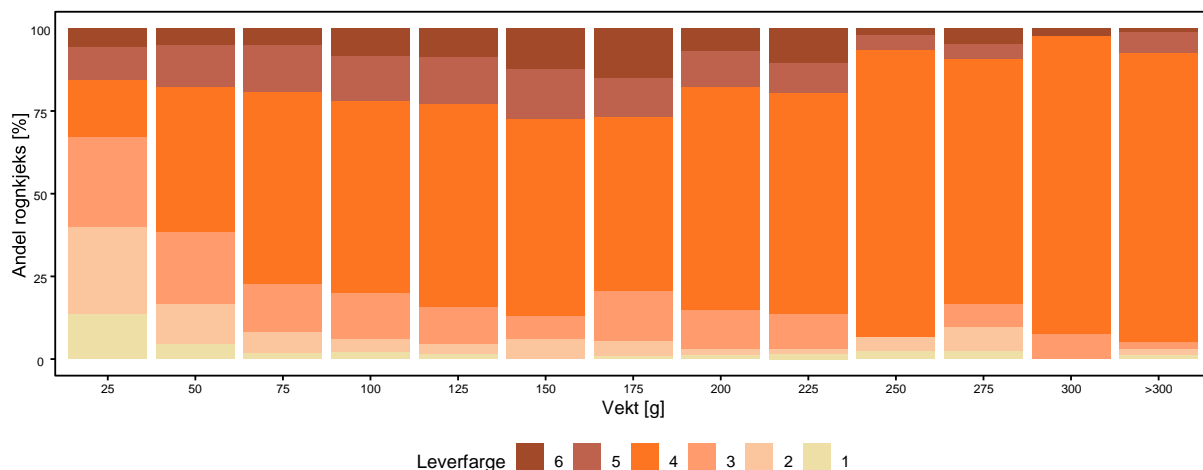
Figur 21: Fordeling av leverfarger ved lokalitetene A-F. Antall rognkjeks vurdert: 834 ved lokalitet A (50-359 dager etter utsett), 223 ved lokalitet B (39-198 dager etter utsett), 720 ved lokalitet C (15-344 dager etter utsett), 351 lokalitet D (0-302 dager etter utsett), 120 ved lokalitet E (93-269 dager etter utsett), 175 ved lokalitet F (17-158 dager etter utsett).

Andelen rognkjeks med antatt unormal leverfarge (1, 2, 5 eller 6) økte med antall dager i merd (Fig. 22). Den første måneden etter utsett hadde 2,9 % lys leverfarge (1-2) og 6,3 % mørk leverfarge (5-6). 11 måneder senere hadde 9,8 % av de undersøkte rognkjeksene lys leverfarge og 57,2 % mørk leverfarge.



Figur 22: Fordeling av leverfarger mot antall dager etter utsett i sjø ved alle lokalitetene. Antall rognkjeks vurdert: 2833.

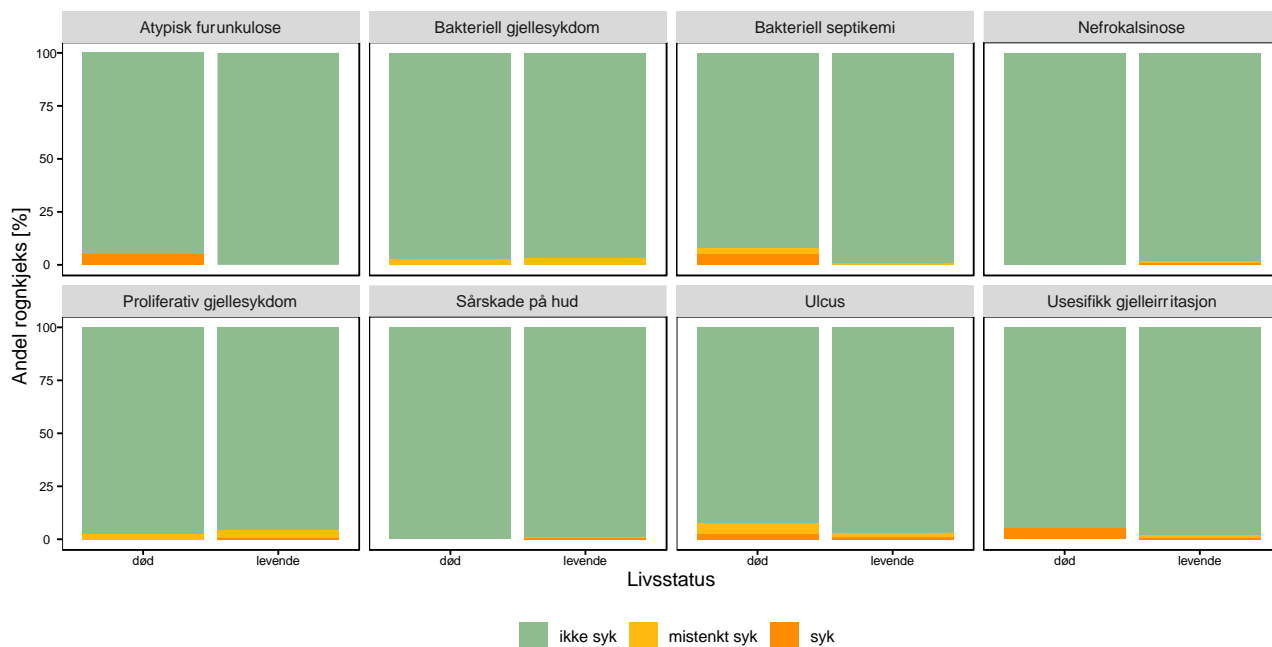
Andelen rognkjeks med antatt unormal leverfarge (score 1, 2, 5 eller 6) reduserte i takt med vekt (Fig. 23). Av de minst individene (>25 g) hadde 39,8 % lys leverfarge (1-2) og 15,5 % mørk leverfarge (5-6). Derimot hadde kun 2,9 % lys leverfarge (1-2) og 7,6 % mørk leverfarge (5-6) blant de største individene (> 300 g).



Figur 23: Fordelingen av leverfarger mot rognkjeksens vekt. På grunn av lite datamateriell på store rognkjeks er fordelingen av leverfarge for rognkjeks over 300 g slått sammen. Antall rognkjeks vurdert: 2695.

3.3. Sykdomsstatus

Av 234 rognkjeks (190 levende, 5 svekket og 39 død) ble 84,6 % ansett som friske (uten sykdom) mens det ble påvist sykdom hos 4,7 % og mistenkt sykdom hos 10,7 %. Ulcus (sår som skyldes sykdom) og uspesifikk gjelleirritasjon var sykdommene som ble påvist flest ganger (1,3 % av rognkjeksens; Fig. 24).



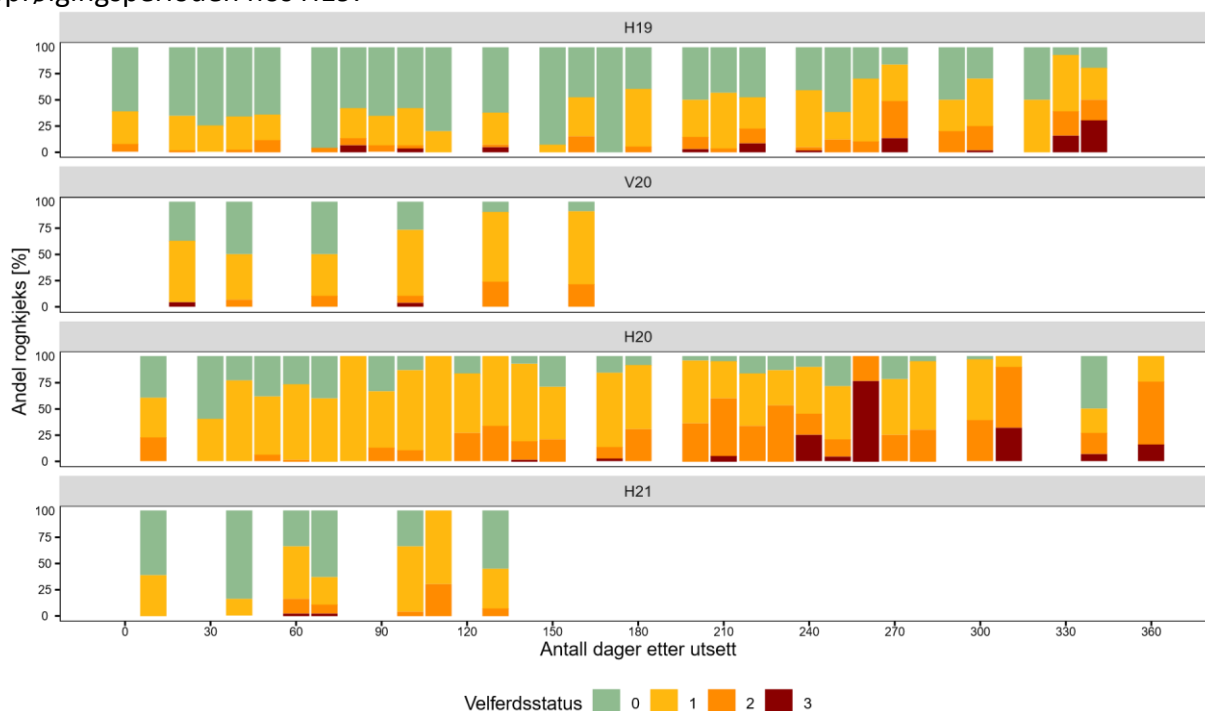
Figur 24: Fordelingen av påvist sykdom (oransje), mistenkt sykdom (gul) og ikke påvist/mistenkt sykdom (antatt frisk rognkjeks, grønn). Det skiller mellom død og levende rognkjeks, hvor 195 levende og 39 døde er testet.

Grunnet lite datamateriale på syke individer, var det ikke mulig å sammenligne helsestatus blant de ulike lokalitetene, eller se på utvikling over tid. Det ble heller ikke funnet sammenheng mellom helsestatus og leverfarge.

3.4. Årsaker til redusert velferd

3.4.1. Utsettstidspunkt

På grunn av lite data fra vårutsett ble det vanskelig å undersøke om rognkjeksens velferd ble påvirket av utsettstidspunktet (Fig. 25). Det var ingen betydelig forskjeller mellom V20, H20 og H21, men velferden var i starten noe bedre hos H21. Velferdsstatus var bedre gjennom hele oppfølgingsperioden hos H19.



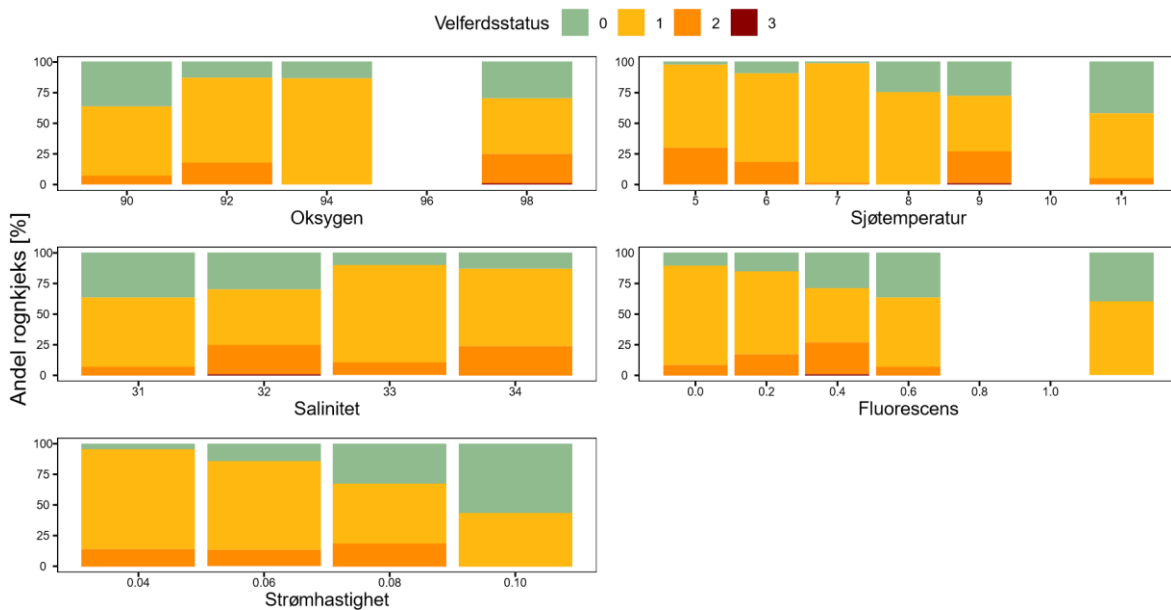
Figur 25: Fordelingen av velferdsstatus for generasjonene H19, V20, H20 og H21 mot antall dager etter utsett i sjø. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Resultatene er basert på rognkjeksoppfølging ved tre H19 lokaliteter (1193 rognkjeks), en V20 lokalitet (177 rognkjeks), to H20 lokaliteter (1058 rognkjeks) og tre H21 lokaliteter (270 rognkjeks).

3.4.2. Produksjonshendelser

Det ble ikke funnet tydelige sammenhenger mellom produksjonshendelser og velferdsstatus hos rognkjeksens på lokalitetsnivå (Fig. 12, og se Fig. 38 i vedlegg for eksempler på merdnivå). Vurderingen av de ulike OVI viste likevel en økning av alvorlighetsgraden på hud- og finneskader etter avlusing (Fig. 15-17).

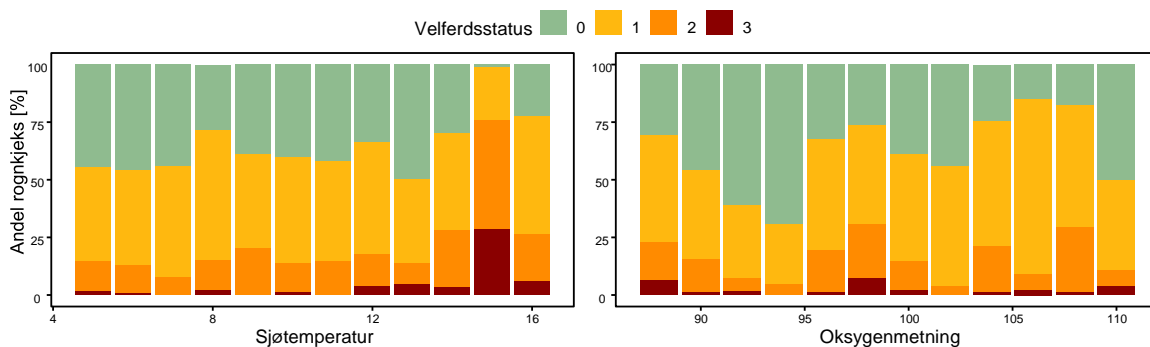
3.4.3. Hydrografi og vannstrøm

Ved lokalitet A og B ble hver enkelt miljøparameter sammenlignet med rognkjeksens velferdsstatus for å vurdere parvis samvariasjon mellom parametere (Fig. 26). Det var ingen sterke sammenhenger mellom de ulike miljøparameterne og rognkjeksens velferdsstatus. Det var ingen rognkjeks med alvorlig redusert velferd ved lokalitetene A og B i den perioden, og vi kan derfor ikke utelukke at det kunne ha vært en mer tydelig sammenheng mellom hydrografi og velferdsstatus dersom velferdsbildet hadde vært bredere.



Figur 26: Fordeling av velferdsstatus mot miljøparametere: oksygenmetning (%), sjøtemperatur (°C), salinitet, fluorescens ($\mu\text{g/L}$) og strømhastighet (m/s). Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 554.

Sjøtemperatur og oksygen ble kontinuerlig registrert ved 6 av lokalitetene (lokalitet A-F). Det var derfor mulig å undersøke påvirkning av disse miljøparameterne på rognkjeksens velferdsstatus basert på et større datagrunnlag enn kun data fra lokalitetene A og B (Fig. 27). Ut fra disse resultatene var det ingen trend mellom rognkjeksens velferdsstatus og oksygen, mens rognkjeksens velferd var dårligst ved de høyeste temperaturene.



Figur 27: Fordeling av velferdsstatus mot sjøtemperatur (°C) og oksygenmetning (%). Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 2428 for temperatur og 2251 for oksygen.

3.4.4. Multipl regressjonsanalyse

I den fulle regressjonsmodellen var regressjonskoeffisientene til sjøtemperatur, vekt og notvedlikehold i effektmodellen, samt lokalitet B i indikatorvariabelen i presisjonsmodellen, ikke signifikante. Modellen med lavest aikaie information criterie (AIC) ble funnet etter at notvedlikehold ble fjernet i første runde med baklengs seleksjon (Tab. 6). Noen av de standardiserte residualene til regressjonsmodellen hadde noe høye negative verdier (Fig. 39 i vedlegg), men fordelingen av residualene til modellen ble allikevel antatt å være tilstrekkelig til å bruke regressjonsmodellen til å se på påvirkningsgraden av de ulike faktorene.

Tabell 6: Regressjonskoeffisientene med tilhørende estimat, standardfeil og signifikansnivå for betamodellen som er basert på data fra rognkjeksoppfølgingen på lokalitetene A-E. Lokalitet A er benyttet som referanseverdi, og er i presisjonsmodell inkludert i skjæringspunktet (intercept). Effektmodellen predikerer den forventede effekten på overordnede velferdsscore og presisjonsmodellen predikerer variansen (dispersjonsparameteren).

	Effektmodell		Predisjonsmodell	
	Estimat	Standardfeil	Estimat	Standardfeil
(Skjæringspunkt)	-4,9346***	0,5365	3,4134***	0,0883
Sjøtemperatur	-0,0122	0,0073		
Oksygen	0,0109*	0,0054		
Dager etter utsett	0,0045***	0,0003	-0,0046***	0,0004
Avlusing	0,7885***	0,0865		
Vekt	-0,0004	0,0002		
Lokalitet B			0,1014	0,0958
Lokalitet C			-0,6926***	0,0696
Lokalitet D			-0,7377***	0,0765
Lokalitet E			-0,4382**	0,1136
Antall observasjoner: 2103 Log-likelihood: 6126 R ² : 0,11				

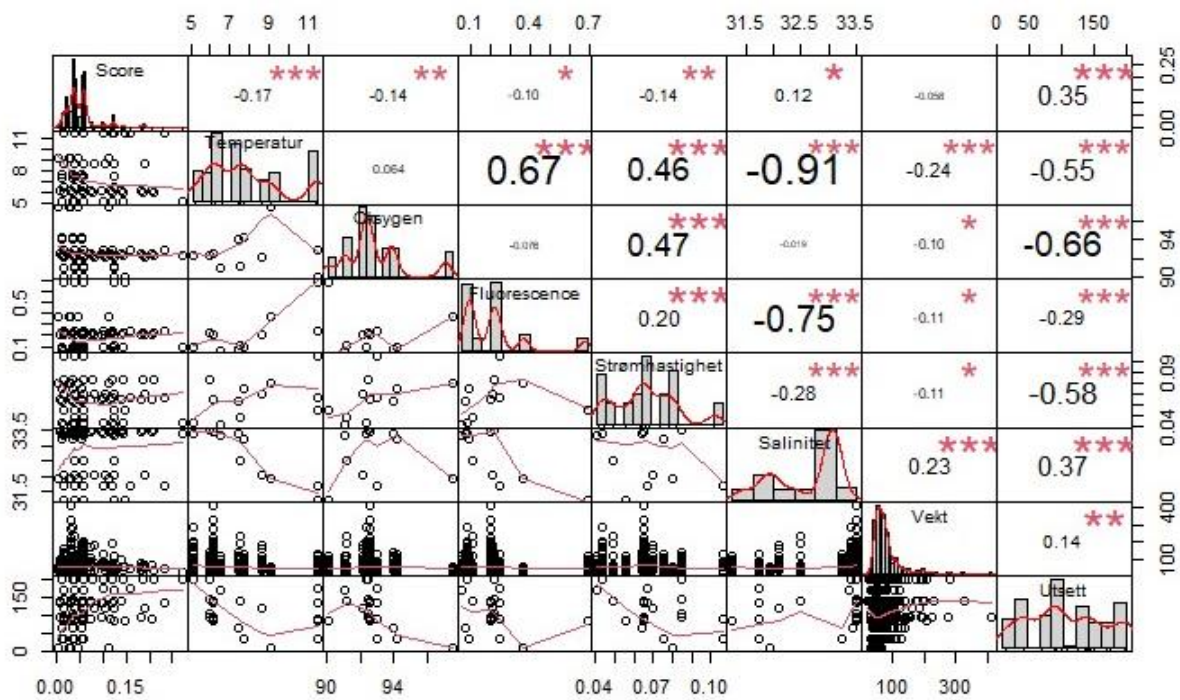
Signifikansnivå: *** $\equiv p < 0,001$; ** $\equiv p < 0,1$; * $\equiv 0,05$

De estimerte regressjonskoeffisientene indikerte at forventet overordnet velferdsscore og variansen økte med antall dager i sjø (Tab. 6). Det vil si at velferdsstatus ble redusert jo lenger rognkjeks sto i sjø. I tillegg indikerte modellen at overordnet velferdsscore ville øke med en faktor $\exp(0,79) = 2,2$ etter første avlusing, hvis alle andre parametere ble holdt konstant. Det var også signifikante forskjeller i variansen til noen av lokalitetene. Lokalitet C, D og E hadde en signifikant lavere dispersjonsparameter enn lokalitet A, som indikerte at variansen i fordelingen av den overordnede velferdsscoren til lokalitet A var mindre enn for lokalitet C, D og E.

I den utvidede regressjonsanalysen, hvor miljømålingene av oksygen, sjøtemperatur, salinitet, fluorescens og strømhastighet fra lokalitet A og B var inkludert, ble det utfordringer med multikolaritet. Sjøtemperatur var sterkt negativt korrelert med salinitet (Fig. 28), og siden det var små variasjoner i salinitet (Fig. 26), ble det sjøtemperatur som ble beholdt som variabel i modellen. Ingen av miljøparameterne, samt vekt eller lokalitet var signifikante i den fulle regressjonsmodellen. Baklengs seleksjon ble derfor benyttet, og det ble totalt utført 5 runder før modellen med lavest AIC ble valgt. I disse rundene ble sjøtemperatur, fluorescens, strømhastighet, lokalitet og vekt stegvis fjernet. Residualplotet til den endelige modellen hadde god spredning, og de standardiserte residualene var tilnærmet normalfordelte (Fig. 40 i vedlegg).

Figur 28: Korrelasjonsplot av dataene som ble benyttet i den utvidede regresjonsmodellen basert på velferd og miljødataene fra lokalitet A og B. Øvre del inneholder Pearsons korrelasjonskoeffisient for de ulike variablene, og de røde stjerner indikerer signifikansgraden. I diagonalen er fordelingen til hver av variablene presentert som histogram. Punktplottene til hver av variabelparene er presentert i nedre del. Variabelen score representerer overordnet velferdsscore og utsett representerer antall dager siden første utsett. Antall rognkjeks vurdert: 422.

I motsetning til regresjonsmodellen for alle lokalitetene (Tab. 6) indikerte den utvidede regresjonsmodellen at utført notvedlikehold hadde en signifikant positiv påvirkning på overordnet velferdsscore (Tab. 7). Ved å holde alle parametere med unntak av notvedlikehold konstant, ville den forventede overordnede velferdsscoren økt med en faktor $\exp(0,13) = 1,1$, om notvedlikehold hadde blitt utført i løpet av de siste 30 dagene.



Tabell 7: Regresjonskoeffisientene med tilhørende estimat, standardfeil og signifikansnivå for betamodellen som er basert på data fra det utvidede overvåkningsprogrammet ved lokalitet A og B. Effektmodellen predikerer den forventede effekten på overordnede velferdsscore og presisjonsmodellen predikerer variansen (dispersjonsparameteren).

	Effektmodell		Predisjonsmodell	
	Estimat	Standardfeil	Estimat	Standardfeil
(Skjæringspunkt)	-6,6123***	1,8336	4,5547***	0,1389
Oksygen	0,0324	0,0192		
Notvedlikehold	0,1315*	0,0527		
Dager etter utsett	0,0050***	0,0006	-0,0047	0,0012

Antall observasjoner: 422, Log-likelihood: 961, R^2 :0,16

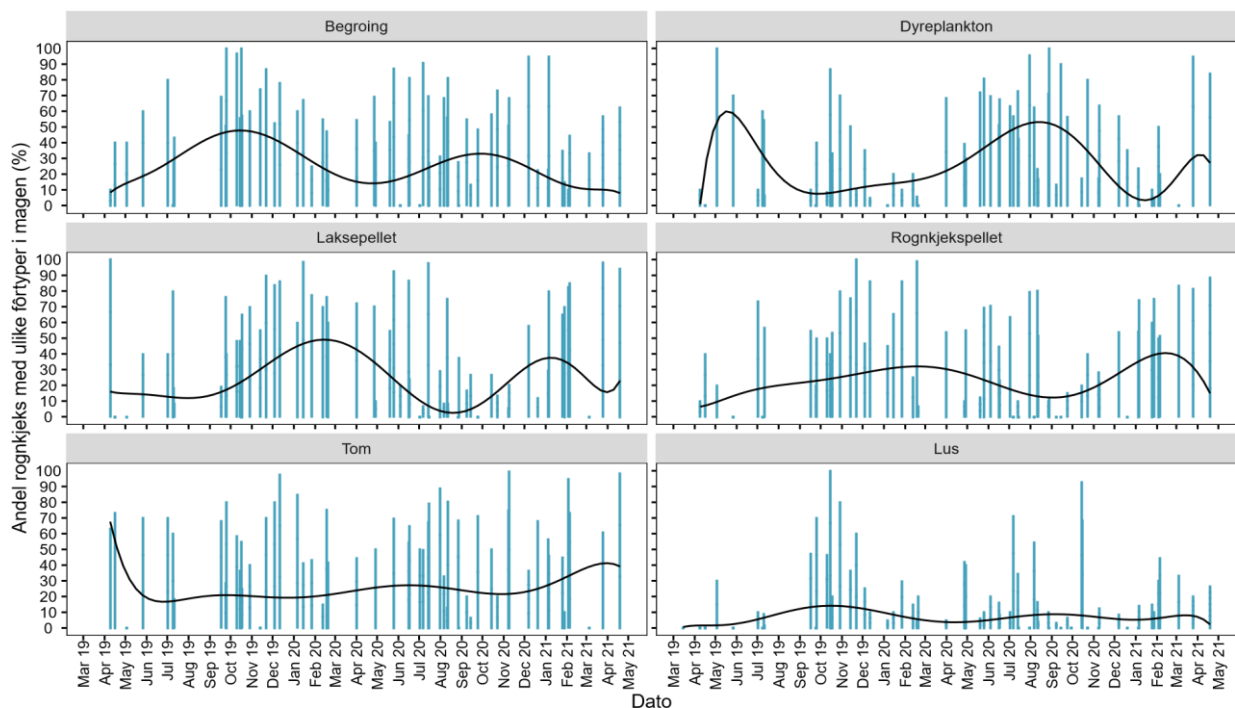
Signifikansnivå: *** $\equiv p < 0,001$; ** $\equiv p < 0,1$; * $\equiv 0,05$

Den utvidede regresjonsmodellen indikerte også at velferdsscoren ble redusert med antall dager i sjø og at variansen økte med antall dager siden utsett. Den multivariable analysen indikerte dermed at hverken sjøtemperatur, oksygen, fluorescens, strømhastighet eller vekt hadde en signifikant påvirkning på rognkjeksens velferdsscore i dette studiet.

3.5. Diettpreferanser

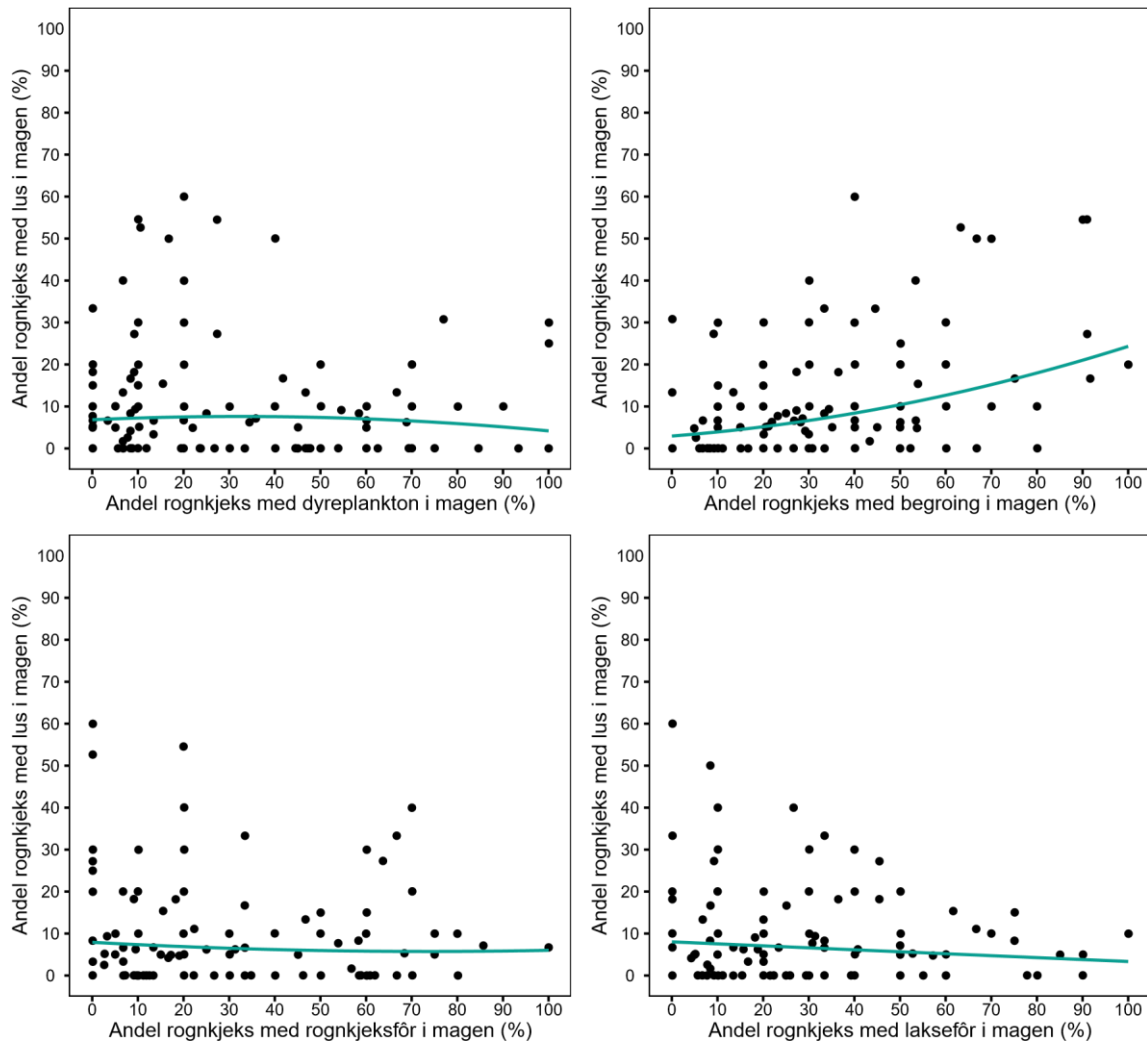
3.5.1. Effekt av diettpreferanser på lusebeite-effektivitet

Andelen rognkjeks som spiste lus var lavest på vinteren og våren, og økte på høsten med et maksimum i oktober (Fig. 29). Den samme trenden ble funnet med begroingsorganismer og dyreplankton, med lavest andel på vinter/vår og høyest andel på høsten. På våren hadde de fleste rognkjeksene dyreplankton i magen, dominert av hoppekreps i slekten *Calanus*. På høsten hadde rognkjeksene med dyreplankton i magen hovedsakelig spist ribbemaneter (*Ctenophora*). Det ble ikke funnet noen trend for andelen rognkjeks med rognkjeksfôr i magen, mens andelen rognkjeks med laksefôr i magen var høyest på vinteren. Andelen rognkjeks med tomme mager lå ganske konstant på 25 % gjennom hele oppfølgingsperioden.



Figur 29: Fordeling av rognkjeks med ulike fôrtyper identifisert i magen mot dato. Den svarte linjen viser lokal regresjon for dataene. Antall rognkjeks vurdert: 3255.

Det var en positiv korrelasjon mellom andel rognkjeks med begroingsorganismer og lus i magen ($p < 0,0001$; $R^2 = 0,18$). Det var ingen korrelasjon mellom andel rognkjeks som hadde spist lus og dyreplankton, rognkjeksfôr eller laksefôr (Fig. 30; $p > 0,05$). Det ble heller ikke funnet korrelasjon mellom andel rognkjeks med dyreplankton i magen og tetthet av dyreplankton i vannmassene ($p > 0,05$).



Figur 30: Sammenheng mellom andel rognkjeks med lus i magen og andre fôrtyper i magen. Blå linjer viser polynomiale regresjoner (grad 2). Antall rognkjeks vurdert: 3255.

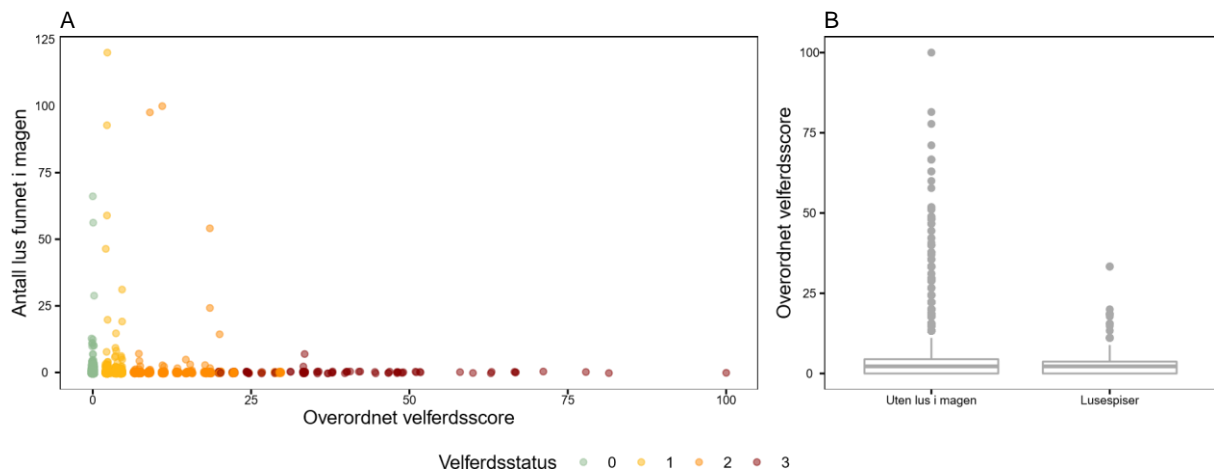
3.5.2. Effekt av velferd på lusebeite-effektivitet

Det var en signifikant negativ sammenheng mellom rognkjeksens velferdsstatus og om rognkjeksen hadde lus i magen eller ikke ($p < 0,01$; Tab. 8). Av rognkjeks med god velferd hadde 7,4 % lus i magen, mens kun 2,0 % av rognkjeksene med alvorlig redusert velferd hadde lus i magen.

Tabell 8: Totalt antall lus funnet i rognkjeksenes mage, antall undersøkte rognkjeks, antall rognkjeks med lus i magen og andelen undersøkte rognkjeks med lus i magen gruppert etter velferdsstatusen til rognkjeksene. En felles statistikk uavhengig av rognkjeksens velferdsstatus er gitt til slutt.

Velferdsstatus	Totalt antall	Antall undersøkte	Rognkjeks med lus i magen	
	lus	rognkjeks	Antall	Andel (%)
God (0)	365	1134	84	7,41
Noe redusert (1)	564	1250	88	7,04
Tydelig redusert (2)	330	555	22	3,96
Alvorlig redusert (3)	9	99	2	2,02
Alle undersøkte rognkjeks	1268	3038	196	6,45

Av de 196 rognkjeksene med lus i magen hadde 50,5 % én lus i magen og 32,1 % hadde to til fem lus i magen. De resterende 33 rognkjeksene hadde 6-120 lus i magen. Den overordnede velferdsscoren hos rognkjeks med lus i magen var signifikant lavere enn hos rognkjeks uten lus i magen ($p < 0,005$; Fig. 31B), og det var en negativ korrelasjon mellom antall lus i magen og overordnet velferdsscore ($p = 0,005$; Fig. 31A).



Figur 31: Venstre (A): antall lus i magen mot rognkjeksens overordnet velferdsscore. Høyre (B): fordeling av overordnet velferdsscore for rognkjeks med og uten lus i magen presentert som box-plot. Fargene viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 3038.

4. Diskusjon

4.1. Scoring av velferd

Selv om utvalget og scoringen av OVI for fortløpende evaluering av velferd i merd er tilnærmet standardisert hos rognkjeks, mangler det fortsatt en metode for å vurdere overordnet velferd basert på OVI. Vi foreslår derfor en formel for å beregne overordnet velferd fra OVI som sikrer systematisk og sammenlignbar sammenstilling av data i stor skala.

Som beskrevet i fiskehelsesrapporten 2020 (Sommerset mfl., 2021) bør man unngå å gjøre vurderinger basert på gjennomsnittsverdier for hele populasjonen fordi det kan kamuflere variasjoner mellom individer som har veldig ulik velferdsstatus. Derfor foreslår vi at man estimerer en overordnet velferdsscore som tar utgangspunkt i en vektet sum av ytre OVI. Vektingen av OVI scoringene tydeliggjør forskjellene mellom individer som har noen få lyter som ikke reduserer velferden i større grad og individer som har mye mer alvorlige lyter (Tab. 9). Samme type vekting er satt på alle OVI siden vi vurderer at en alvorlig skade påvirker velferden til rognkjeksene like negativt om den finnes på finnen, huden eller øyet.

Antall OVI som vurderes for hver rognkjeks kan variere av ulike grunner som f. eks. feil- eller manglende registrering i feltskjema. Derfor foreslår vi å benytte en relativ sum hvor alle totalvurderingene er prosentandeler av maks oppnåelig sum (score 3 på alle vurdert OVI) som overordnet velferdsscore. Dette gjør det mulig å sammenligne flere individer på likt grunnlag.

Tabell 9: Eksempel av overordnet velferdsscore med og uten vekting av scoringen.

Parameter	Uten vekting			Med vekting		
	Fisk 1	Fisk 2	Fisk 3	Fisk 1	Fisk 2	Fisk 3
Halefinne	1	0	0	1	0	0
Andre finner	1	1	0	1	1	0
Hud	1	2	3	1	4	9
Øyeskade høyre	0	0	0	0	0	0
Øyeskade venstre	0	0	0	0	0	0
Sum	3	3	3	3	5	9
Overordnet velferdsscore	20	20	20	6,7	11	20

For å vurdere overordnet velferdsstatus hos rognkjeks foreslår vi å fordele den relative summen i fire alvorlighetsgrader, fra god til alvorlig redusert velferd (Tab. 4). Utfordringen med OVI er at det mangler kunnskap om biologiske parametere for kunne å velge riktige indikatorer og etablere bestemte grenseverdier som skiller mellom god, noe redusert eller alvorlig redusert velferd (Sommerset mfl., 2021). Vår fordeling er kun basert på Scientific Wild Ass Guess (SWAG; Thomas og McDonagh, 2013) og bør bekreftes av målbare parametere (e.g. stresshormoner, hjerneaktivitet osv.) i videre forskning. I tillegg var det kun OVI på ytre parametere som ble inkludert på grunn av manglende kunnskap om indre parametere og deres betydning. En bedre forståelse av disse vil forbedre overordnet velferdscoring.

Selv om katarakt og avmagring ble vurdert, ble de ikke inkludert i datagrunnlaget på grunn av for store usikkerheter i vurderingene. Katarakt krever både spesialutstyr (spaltelampe), opplæring og

tilstrekkelig mørklagt rom ved vurdering. Dette fører til at det er vanskelig å gjennomføre i felt. Det finnes flere måter å måle kondisjon hos fisk. Den mest brukte i akvakultursammenheng er Fultons kondisjonsfaktor K (Bolger og Connolly, 1989). Denne brukes også ofte for rognkjeks, men ettersom rognkjeks både har en unik kroppsfasong og heller ikke vokser isometrisk i alle stadier (Daborn og Gregory, 1983) er ikke K like godt egnet for vurdering av kondisjon (Gutierrez Rabadan mfl., 2021). Visuell vurdering av avmagring vil kunne påvirkes av om rognkjeks nettopp har fått tilgang på fôr, og ofte vil man oppfatte en rognkjeks som avmagret først når det er for sent å sette inn tiltak.

4.2. Utvikling av velferd i merd

Resultatene viser at velferdsstatusen ble redusert jo lenger rognkjeks sto i sjø. Ny-utsatt rognkjeks hadde stort sett god velferd, men 32 % av rognkjeksene som ble undersøkt de første 30 dagene etter utsett hadde skade på halefinnen. Disse skadene var mest sannsynlig knyttet til tidligere aggresjon mellom individer, et fenomen som ofte observeres i settefiskfasen og som forsvinner etter utsett i sjø. Derimot hadde en stor andel rognkjeks tydelig redusert velferd etter 6-7 måneder i sjø, med tydelige og/eller alvorlige hud- og øyeskader, samt ascites, blødninger på hjerte og svullen milt. Dette tyder på at redusert velferdsstatus hos rognkjeks skyldes suboptimale betingelser i sjø heller enn konsekvenser av eventuelle hendelser i settefiskfasen. Det er sannsynlig at andelen rognkjeks med god velferd etter 6-7 måneder i sjø var enda lavere enn resultatene tilsier, da det var flere påfyll av rognkjeks i merdene underveis i oppfølgingsperioden. Vekstkurver kan ikke brukes for å skille ulike kohorter pga. store vekstvariasjoner mellom individene. Det var derfor sannsynligvis rognkjeks fra flere utsett som ble obduert 6-7 måneder etter første utsett. Rognkjeks fra de siste utsettene hadde antagelig god velferd, og attenuerte derfor den observerte negative utviklingen i velferden.

Denne studien indikerte at det var mekanisk avlusing som påvirket velferdsstatus hos rognkjeks mest negativt. Spesielt hudskader økte i både utbredelse og alvorlighetsgrad etter avlusing ved de fleste lokalitetene. Som følge av akvakulturdriftsforskriften § 28 (andre ledd tredje og fjerde setning) er det et krav om utsortering av renseskalle før behandling mot lakselus. Dessverre er ikke dagens gjenfangst/sorteringsmetoder gode nok, da man sjelden klarer å ta ut hele populasjonen og dette kan medføre skader og økt stress for rognkjeks. Med mindre rognkjeks telles for hånd eller metoden har automatisk teller vil man heller ikke ha kontroll på hvor mange individer som blir fisket ut og hvor mange som potensielt står igjen i merd basert på beholdningstall. Det er derfor et stort behov for å utvikle gjenfangst- og sorteringsmetoder som ivaretar lovpålagt krav om utsortering før behandling, og som ikke gir økt belastning for fisken i form av økt stress og redusert velferd. Så lenge det ikke finnes bedre metoder for gjenfangst og utsortering bør man utvikle bruk av rognkjeks på lokaliteten når lusepresset øker på sommeren. Et annet argument for å ikke ha rognkjeks i merd i den perioden er at rognkjeks har lav toleranse for sjøtemperaturer over 16 °C (Hvas mfl., 2018), og er mer mottakelige for sykdommer ved temperaturer over 10 °C (Brooker mfl., 2018; Nordstrand mfl., 2017; Rønneseth mfl., 2017).

Påvirkning av strømshastighet på velferd ble undersøkt ved lokalitetene A og B. Lokalitetene hadde noe ulike strømregimer, men det ble ikke funnet signifikante forskjeller i utvikling av velferdsstatus mellom lokalitetene. Likevel, ettersom rognkjeks har begrenset svømmekapasitet kan høy vannstrøm-hastighet være en medvirkende årsak til både redusert velferd og lusebeiteeffektivitet (Hvas mfl., 2018). Uavhengig av hvor vannstrøm-eksponert en lokalitet er mtp. vannstrøm skal lokaliteten være utstyrt med skjul dersom det er rognkjeks i merdene (akvakulturdriftsforskriften §

19 første ledd bokstav a) for å gi hvileplass til rognkjeks (Mortensen mfl., 2021). Dette kan man anta vil være desto viktigere ved særlig eksponerte lokaliteter. Det er også mulig at krav til skjulbruk endrer seg i løpet av produksjonssyklusen til laksen, da liten rognkjeks tåler mindre vannstrøm en stor rognkjeks, samtidig som liten rognkjeks har større evne til å sitte fast i skjul ved sterk strøm (Hvas mfl., 2018). Det var dessverre ikke mulig å vurdere skjulenes evne til å legge til rette for god velferd, da det ikke ble gitt tilstrekkelig informasjon om skjulbruk på lokalitetene. Det ble heller ikke målt vannstrøm i merdene som gjorde det mulig å undersøke hvorvidt skjulene klarte å redusere vannstrømhastigheten gjennom merdene. Flere oppdrettere med særlig eksponerte lokaliteter har besluttet å ikke bruke rognkjeks etter flere utsett med dårlig velferd og lite effekt av tiltak (eks. skjul; pers. medd. L. Boissonnot). Det er derfor mulig at bruk av rognkjeks vil begrenses til mindre eksponerte lokaliteter, men videre studier bør undersøke dette nærmere ved å se på hvorvidt skjul kan brukes for å redusere vannstrøm gjennom merdene.

Det er uklart hvorvidt fôringsstrategier i merd er tilstrekkelige for å sikre god velferdsstatus. I denne studien var det ikke mulig å samle inn tilstrekkelig systematisk data om fôring, da ingen lokaliteter hadde like fôringsregimer. Fellesnevneren for alle lokalitetene var at de fôret rognkjeks med rognkjekspellet, men mengden fôr, fôrleverandør og utfôringsmetodikk og -strategi varierte både mellom lokalitetene og over tid på den enkelte lokalitet. To lokaliteter brukte fôrautomater, og de andre fôret manuelt. Oppdretterne oppga at fôring ble utført i henhold til fôrproducentenes anbefalinger, dvs. 1-3 % av biomassen (rognkjeks) per dag. Men, personlige observasjoner underveis i studien gjør at vi stiller spørsmål til om biomassen ble regnet ut basert på snittvekt rognkjeks hadde da den ble levert fra settefiskanlegg, og dermed ikke tok høyde for vekst. Leverfarge kan brukes som en indikasjon på ernæringsstatus hos rognkjeks, hvor oransje lever indikerer en rognkjeks med god ernæringsstatus sammenlignet med en rognkjeks med mørk leverfarge som indikerer dårlig ernæringsstatus (Eliassen mfl., 2020). I denne studien fant vi at andelen rognkjeks med mørk leverfarge økte over tid. Dette kan indikere at den næringen som ble tilbudt til rognkjeks i merd ikke var tilstrekkelig for å opprettholde god ernæringsstatus. Dette kan være med på å gi dårligere velferd samt gjøre rognkjeks mer mottakelig for sykdom. Videre kan man stille spørsmål om fôring med pellets er optimalt for rognkjeks og om den gir alle individene tilgang til fôr. Flere forskningsprosjekter ser på påvirkning av ulike fôringsstrategier, blant annet FHF-prosjektene STRATEGI (901693), OPTIfôr (901694), OPTIRens (901563). Disse ser på, blant annet, hvordan ulike fôringsstrategier påvirker ernæringsstatus hos rognkjeks (f. eks. frekvens, mengde, manuell eller automatisk fôring), og om fôrblokker kan være et bedre alternativ til tradisjonell fôring med pellets. Disse prosjektene vil forhåpentligvis bidra til mer kunnskap om fôring av rognkjeks i merd, og gi et bedre grunnlag for gode protokoller som kan tas i bruk av oppdrettere som ønsker å bruke rognkjeks til bekjempelse av lakselus.

4.3. Sykdomsbilde

Rognkjeks er mottakelig for en rekke sykdommer som kan føre til alvorlig redusert velferd og økt dødelighet. Bakteriesykdommer er påpekt som hovedårsaken til høy dødelighet hos rognkjeks i Norge (Mortensen mfl., 2021). Vibriose (*Vibrio anguillarum*) og atypisk furunkulose (atypisk *A. salmonicida*) var de første sykdommene som ble diagnostisert og funnet å føre til massedødelighet hos rognkjeks i både settefiskanlegg og kommersielle oppdrettsanlegg for laks (Mortensen mfl., 2021). Disse sykdommene er fremdeles rapportert til å være et problem (Sommerset mfl., 2021). Fiskehelse rapporten 2020 (Sommerset mfl., 2021) rapporterer for eksempel at atypisk furunkulose

ble påvist ved 51 lokaliteter i løpet av 2020, og var dermed den hyppigst påviste sykdommen. Pasteurellose (ulike varianter av *Pasteurella* spp.) er også en bekymrende fremvoksende sykdom (Mortensen mfl., 2021). I denne studien var det ikke mulig å fange opp noen tydelige sykdomsepisoder, og det ble påvist sykdom hos kun 4,7 % av rognkjeksene som ble undersøkt. Av de tre bakteriesykdommene som er mest bekymrende var det kun atypisk furunkulose som ble påvist, og da kun på død rognkjeks.

Per i dag er det eneste tiltaket ved sykdom og/eller alvorlig redusert velferd å fiske ut rognkjeksene for human avlaving og destruksjon. I tillegg finnes det en risiko for spredning av patogener, ikke bare internt i rognkjeksspopulasjonen men også til laksen (Sandlund mfl., 2021), noe som gjør det veldig viktig å unngå ukontrollert spredning av sykdommer.

Det finnes vaksiner til de vanligste agensene, men som Sommerset mfl., 2021 påpeker er det fortsatt et behov for nye og forbedrede vaksiner og vaksineregimer. Det påpekes også at mange av de sykdommene som opptrer i dag mest sannsynlig ville blitt redusert dersom rensefiskens immunsystem hadde fått bedre forutsetninger til å fungere optimalt (Sommerset mfl., 2021). Avlsarbeidet som foregår hos bl.a. Namdal Rensefisk i samarbeid med AquaGen søker også å produsere en mer robust og sykdomsbestandig rognkjeks (AquaGen, 2019). Dette er en viktig del av utviklingsarbeid og må fortsette å testes ut i stor-skala for å følge opp effekten på rognkjeksens velferd.

4.4. Lusebeite-effektivitet

En vanlig oppfatning i norsk akvakultur er at tilgjengelighet til andre fôrtyper som dyreplankton eller begroing har en negativ effekt på luseappetitt (Mortensen mfl., 2021; Powell mfl., 2018). Denne studien viser derimot at andelen rognkjeks med lus i magen ikke hadde sammenheng med andel rognkjeks med dyreplankton i magen. I tillegg var andelen rognkjeks med lus i magen positivt korrelert med andel rognkjeks med begroingsorganismer i magen. Dette samsvarer med funnene til Eliassen mfl. (2018), som antydte at begroing på nøtene hadde en positiv effekt på lusebeite-effektivitet. Argumentasjonen deres var basert på at begroingsorganismer har en positiv innvirkning på rognkjeksvelferden, da de er en naturlig fôrkilde som i tillegg fungerer som skjul og reduserer vannstrømmen. Dessverre kan ikke årsakssammenhengen vurderes direkte ut fra slike resultater. Vi foreslår at sammenhengen mellom funn av begroingsorganismer og lus i magen også kan være knyttet til rognkjeksens adferd ettersom inntak av begge fôrtypene er å spise fôr som er festet til et «substrat», som forklart i Côté (2000). Dessverre er det gjort for lite forskning på dette området, og det er behov for videre forskning basert på systematisk oppfølging av begroing på nøter og mageinnhold hos rognkjeks.

Hvordan velferd påvirker lusebeite-effektivitet er, så vidt vi vet, ikke undersøkt. Våre resultater tyder på at redusert velferdsstatus påvirker negativt lusebeite-effektivitet hos rognkjeks. Å sørge for at rognkjeks har god velferd er derfor viktig av flere grunner, både etisk og for å sikre god lusebeite-effektivitet for forebygging og kontroll av lus.

5. Konkluderende kommentarer

I denne studien har vi utviklet en formel for estimering av overordnet velferdsstatus hos rognkjeks basert på OVI. Dette vil forhåpentligvis bidra til en systematisk og sammenlignbar sammenstilling av data til videre forskning og utvikling. Resultatene våre tyder på at velferdsstatus hos rognkjeks utvikler seg negativt etter utsett i merd, hvor en stor andel hadde tydelig redusert velferd etter 6-7 måneder i sjø. I motsetning til tidligere antakelser om faktorer som påvirker velferd, var dette i liten grad knyttet til sykdom. Den negative utviklingen var mest sannsynlig grunnet en kombinasjon av ulike faktorer, men mekanisk avlusning viste seg å ha signifikant effekt. Høye temperaturer og høy strømhastighet kan også ha redusert velferdsstatusen, selv om den multifaktorielle analysen ikke viste dette. Kartlegging av leverfarge tyder også på at ernæringsstatus gradvis ble redusert. Hyppigere undersøkelser og flere lokaliteter ville mest sannsynlig økt presisjonen til den statistiske analysen. Resultatene tydet på at redusert velferd påvirket lusebeite-effektiviteten negativt. Det ble ikke funnet lus i magen til individer med tydelig eller alvorlig redusert velferd.

I konklusjon tyder denne studien på at jo lengre rognkjeks står i sjø desto mer sannsynlig er det at en rekke hendelser reduserer velferdsstatusen til rognkjeks. Så lenge tilpassede tiltak er ikke utviklet, kan det være en løsning å begrense hvor lenge rognkjeks står i merd. Vi foreslår at 6 måneder bør være grensen i første omgang. I tillegg bør avlusingsperiode og de høyeste sjøtemperaturene unngås, det vil si at utsett bør gjennomføres mellom september og januar med utfisking før juni. Dette vil også kunne øke lusebeite-effektiviteten, da denne studien viser at rognkjeks som spiser mest lus har relativt god velferd. Kontroll over rognkjeksens velferd og lusebeite-effektivitet i merd kan oppnås ved å innføre rutineoppfølginger. Ved kontinuerlig oppfølging vil man kunne identifisere redusert velferd og mulige sykdomsutbrudd tidlig, og dermed iverksette forebyggende tiltak. Slik kan man også identifisere hvilke prosedyrer og operasjoner som påvirker helse og velferd, for så å videre kunne tilpasse og optimalisere disse. Riktig og tilstrekkelig bruk av ressurser er nødvendig for å sikre god oppfølging og fortløpende tilpasning ved bruk av rognkjeks.

Takk til

Denne studien ble finansiert av Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfinansiering (FHF/EFTEKTIV 901652), Namdal Rensefisk AS, Nordland Rensefisk AS og Bjørøya AS. Forfatterne ønsker å rette en stor takk til alle lokalitetene som har deltatt i prosjektet!

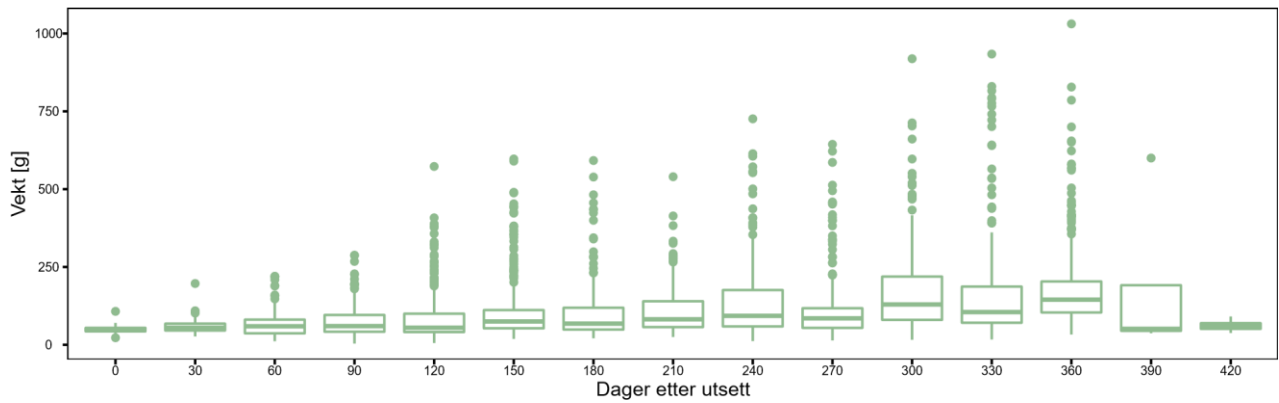
Referanser

- Agatsuma, Y. (2013). Stock Enhancement. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* (s. 213–224). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396491-5.00015-0>
- Akima, H. & Gebhardt, A. (2021). akima: Interpolation of Irregularly and Regularly Spaced Data [R package version 0.6-2.3]. <https://CRAN.R-project.org/package=akima>
- AquaGen. (2019). Nytt avlssenter sikrer bærekraftig utvikling av rognkjeksoppdrett. Hentet 31. januar 2022, fra <https://aquagen.no/wp-content/uploads/2019/01/01-2019-nyttavlssenter-sikrer-brekraftig-utvikling-av-rognkjeksoppdrett.pdf>
- Austad, M. (2021). Tapsårsaker rensefisk: Er det mulig å oppnå høyere overlevelse? <https://www.fhf.no/arrangementer/arrangementer/lusekonferansen-2021-digital/>
- Austad, M., Boissonnot, L., Stensby-Skjærvik, S. & Sakariassen, T. E. (2021). Håndbok for oppfølging av rognkjeks i sjø. <https://aqua-kompetanse.no/rognkjeksoppfølging/>
- Boissonnot, L., Kharlova, I., Iversen, N. S., Staven, F. R. & Austad, M. (2022). Characteristics of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) with high cleaning efficacy in commercial Atlantic salmon (*Salmo salar*) production [upublisert manuskript] [Status: til review].
- Bolger, T. & Connolly, P. L. (1989). The Selection of Suitable Indices for the measurement and Analysis of Fish Condition. *Journal of Fish Biology*, 34, 171–182.
- 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. <https://doi.org/10.1136/vr.104966>
- Côté, I. M. (2000). Evolution and ecology of cleaning symbioses in the sea. I R. N. Gibson & M. Barnes (Red.), *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* (s. 311– 355). CRC Press. Hentet 31. januar 2022, fra <https://www.semanticscholar.org/paper/Evolution-and-ecology-of-cleaning-symbioses-in-the-C%C3%B4t%C3%A9/4bf988cc1e478e192fdc92c287e5984553f65649>
- Cribari-Neto, F. & Zeileis, A. (2010). Beta Regression in R. *Journal of Statistical Software*, 34, 1–24. <https://doi.org/10.18637/jss.v034.i02>
- Daborn, G. R. & Gregory, R. S. (1983). Occurrence, distribution, and feeding habits of juvenile lumpfish, *Cyclopterus lumpus* L. in the Bay of Fundy. *Canadian Journal of Zoology*, 61(4), 797–801. <https://doi.org/10.1139/z83-105>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.01.026>
- Eliassen, K., Patursson, E. J., McAdam, B. J., Pino, E., Morro, B., Betancor, M., Baily, J. & Rey, S. (2020). Liver colour scoring index, carotenoids and lipid content assessment as a proxy for lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) health and welfare condition. *Scientific Reports*, 10(1), 8927. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65535-7>
- Fiskeridirektoratet. (2021). Akvakulturstatistikk: rensefisk. Hentet 21. januar 2022, fra <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Akvakulturstatistikk-tidsserier/Rensefisk>
- Gutierrez Rabadan, C., Spreadbury, C., Consuegra, S. & Garcia de Leaniz, C. (2021). Development, validation and testing of an Operational Welfare Score Index for farmed lumpfish *Cyclopterus lumpus* L. *Aquaculture*, 531, 735777. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735777>

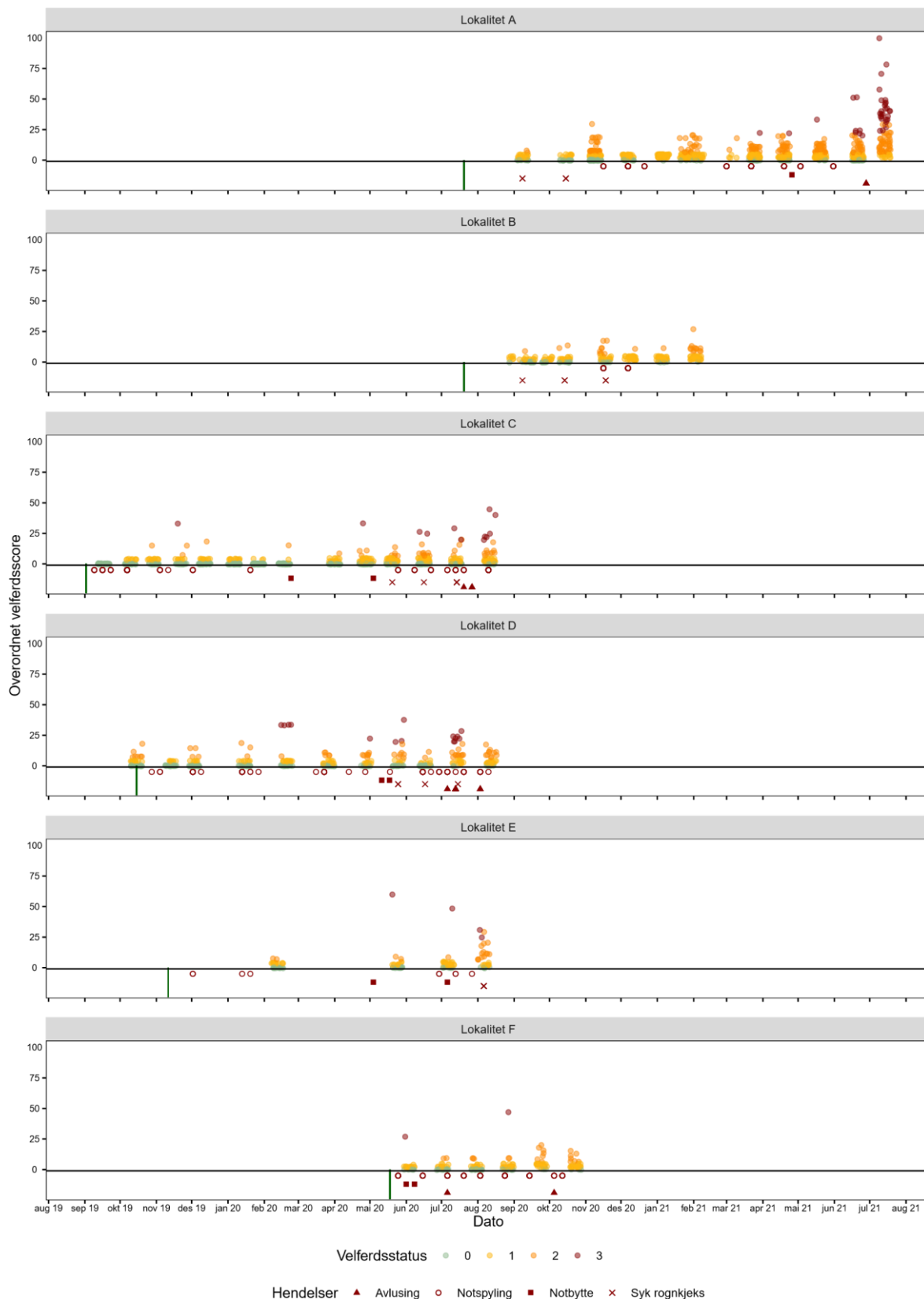
- Hvas, M., Folkedal, O., Imsland, A. & Oppedal, F. (2018). Metabolic rates, swimming capabilities, thermal niche and stress response of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. *Biology Open*, bio.036079. <https://doi.org/10.1242/bio.036079>
- Hvas, M., Nilsson, J., Vågseth, T., Nola, V., Fjellidal, P. G., Hansen, T. J., Oppedal, F., Stien, L. H. & Folkedal, O. (2022). Full compensatory growth before harvest and no impact on fish welfare in Atlantic salmon after an 8-week fasting period. *Aquaculture*, 546, 737415. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737415>
- Imsland, A. K. D., Frogg, N., Stefansson, S. O. & Reynolds, P. (2019a). Improving sea lice grazing of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) by feeding live feeds prior to transfer to Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) net-pens. *Aquaculture*, 511, 734224. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734224>
- 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. (2018a). It works! Lumpfish can significantly lower sea lice infestation in large-scale salmon farming. *Biology Open*, 7(9), bio036301. <https://doi.org/10.1242/bio.036301>
- Imsland, A. K. D., Remen, M., Bloch-Hansen, K., Sagerup, K., Mathisen, R., Myklebust, E. A. & Reynolds, P. (2020). Possible Use of Lumpfish to Control *Caligus elongatus* Infestation on Farmed Atlantic Salmon: A Mini Review. *Journal of Ocean University of China*, 19(5), 1133–1139. <https://doi.org/10.1007/s11802-020-4466-5>
- Imsland, A. K. D., 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*, 424-425, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.12.033>
- Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Eliassen, G., Mortensen, A., Hansen, Ø. J., Puvanendran, V., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D., Emaus, P.-A., Elvegård, T. A., Lemmens, S. C., Rydland, R., Nytrø, A. V. & Jonassen, T. M. (2016). Is cleaning behaviour in lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) parentally controlled? *Aquaculture*, 459, 156–165. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.03.047>
- Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Hangstad, T. A., Jónsdóttir, Ó. D. B., Noble, T., Wilson, M., Mackie, J. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C. & Mikalsen, B. (2018b). Feeding behaviour and growth of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) fed with feed blocks. *Aquaculture Research*, 49(5), 2006–2012. <https://doi.org/10.1111/are.13657>
- Imsland, A. K. D., Reynolds, P., Jonassen, T. M., Hangstad, T. A., Elvegård, T. A., Urskog, T. C., Hanssen, A. & Mikalsen, B. (2019b). Effects of different feeding frequencies on growth, cataract development and histopathology of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) *Aquaculture*, 501, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.026>
- Jørgensen, E. H., Haatuft, A., Puvanendran, V. & Mortensen, A. (2017). Effects of reduced water exchange rate and oxygen saturation on growth and stress indicators of juvenile lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) in aquaculture. *Aquaculture*, 474, 26–33. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.03.019>
- Matlab. (2010). *version 7.10.0 (R2010a)*. The MathWorks Inc.
- Mortensen, S., Halvorsen, K. T., Skiftesvik, A. B., Durif, C., Stien, L. H., Jansson, E., Quintela, M., Sandlund, N., Nedreaas, K., Jørgensen, T., Stockhausen, H. H., Korsnes, K., Fyllingen, I., Bysheim, H., Reynolds, P., Faust, E., Wennhage, H., André, C., Møller, P. R., ... Henly, L. (2021). *Towards a sustainable fishery and use of cleaner fish in salmonid aquaculture - Challenges and opportunities*. Nordic Council of Ministers. 10.6027/temanord2021-545

- Noble, C., Iversen, M. H., Lein, I., Kolarevic, J., Johansen, L.-H., Berge, G. M., Burgerhout, E., Puvanendran, V., Mortensen, A., Stene, A. & Espmark, Å. M. (2019). *RENSVEL An Introduction to Operational and Laboratory-based Welfare Indicators for Lumpfish (Cyclopterus lumpus L.).pdf* (tekn. rapp.). FHF.
- Nordstrand, H., Sæbjørnsen, H., Vaagnes, Ø., Glosvik, H. & Colquhoun, D. (2017). Utfordrende å vaksinere rognkjeks mot *Aeromonas salmonicida*. *Norsk Fiskeoppdrett*, 11, 4.
- 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. <https://doi.org/10.1111/raq.12299>
- 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. <https://doi.org/10.1111/raq.12194>
- R Core Team. (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.R-prosjekt.org/>
- Remen, M., Nes, A. M., Hangstad, T. A., Geraudie, P., Reynolds, P., Urskog, T. C., Hanssen, A., Stefansson, S. O. & Imsland, A. K. D. (2022). Temperature and size-dependency of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) oxygen requirement and tolerance. *Aquaculture*, 548, 737576.
- Rønneseth, A., Haugland, G. T., Colquhoun, D. J., Brudal, E. & Wergeland, H. I. (2017). Protection and antibody reactivity following vaccination of lumpfish (*Cyclopterus lumpus* L.) against atypical *Aeromonas salmonicida*. *Fish & Shellfish Immunology*, 64, 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.03.040>
- Sandlund, N., Rønneseth, A., Ellul, R. M., Nylund, S. & Sandlund, L. (2021). Pasteurella spp. Infections in Atlantic salmon and lumpsucker. *Journal of Fish Diseases*, 44(8), 1201–1214. <https://doi.org/10.1111/jfd.13381>
- Sommerset, I., Jensen, B. B., Bornø, B., Haukaas, A. & Brun, E. (2021). *Fiskehelse rapporten 2020* (tekn. rapp. 41a/2021). Veterinærinstituttet. www.vetinst.no
- Staven, F. R., Nordeide, J. T., Imsland, A. K., Andersen, P., Iversen, N. S. & Kristensen, T. (2019). Is Habituation Measurable in Lumpfish *Cyclopterus lumpus* When Used as Cleaner Fish in Atlantic Salmon *Salmo salar* Aquaculture? *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 227. <https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00227>
- Thomas, J. & McDonagh, D. (2013). Shared language: Towards more effective communication. *Australasian Medical Journal*, 10.
- Treasurer, J. W. (2002). A review of potential pathogens of sea lice and the application of cleaner fish in biological control. *Pest Management Science*, 58(6), 546–558. <https://doi.org/10.1002/ps.509>
- Treasurer, J. W. & Feledi, T. (2014). The Physical Condition and Welfare of Five Species of Wild-caught Wrasse Stocked under Aquaculture Conditions and when Stocked in Atlantic Salmon, *Salmo salar*, Production Cages: PHYSICAL CONDITION OF CLEANER FISH STOCKED IN CAGES. *Journal of the World Aquaculture Society*, 45(2), 213–219. <https://doi.org/10.1111/jwas.12099>
- Zeileis, A. & Grothendieck, G. (2005). zoo: S3 Infrastructure for Regular and Irregular Time Series. *Journal of Statistical Software*, 14, 1–27. <https://doi.org/10.18637/jss.v014.i06>

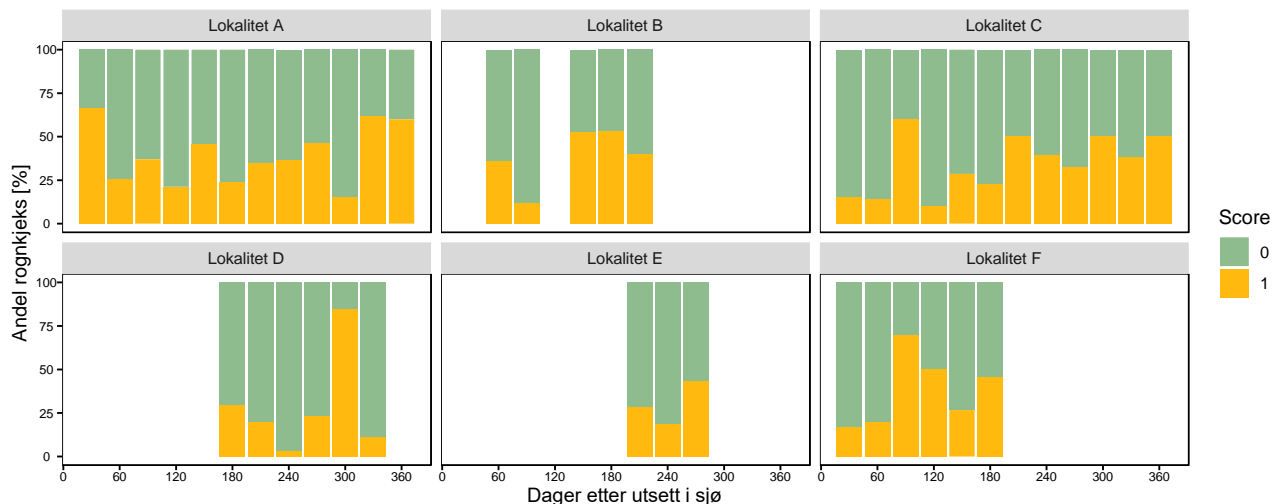
A. Vedlegg



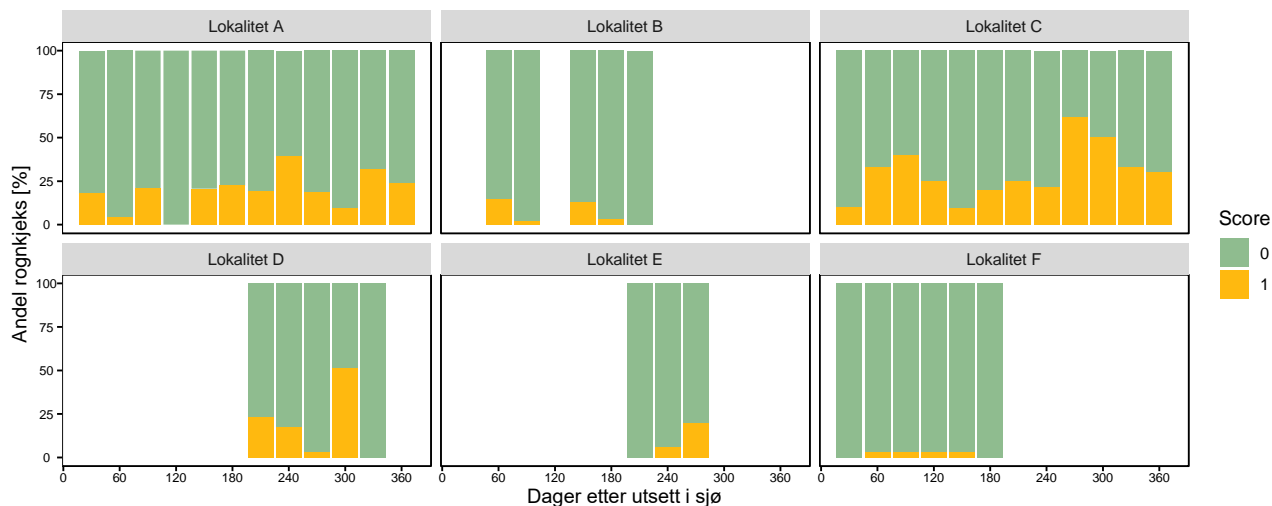
Figur 32: Fordeling av rognkjeksens vekt mot dager etter utsett i sjø. Dager etter utsett er gruppert i intervall på 30, hvor det er rundet oppover (dag 1-30 tilhører 30).



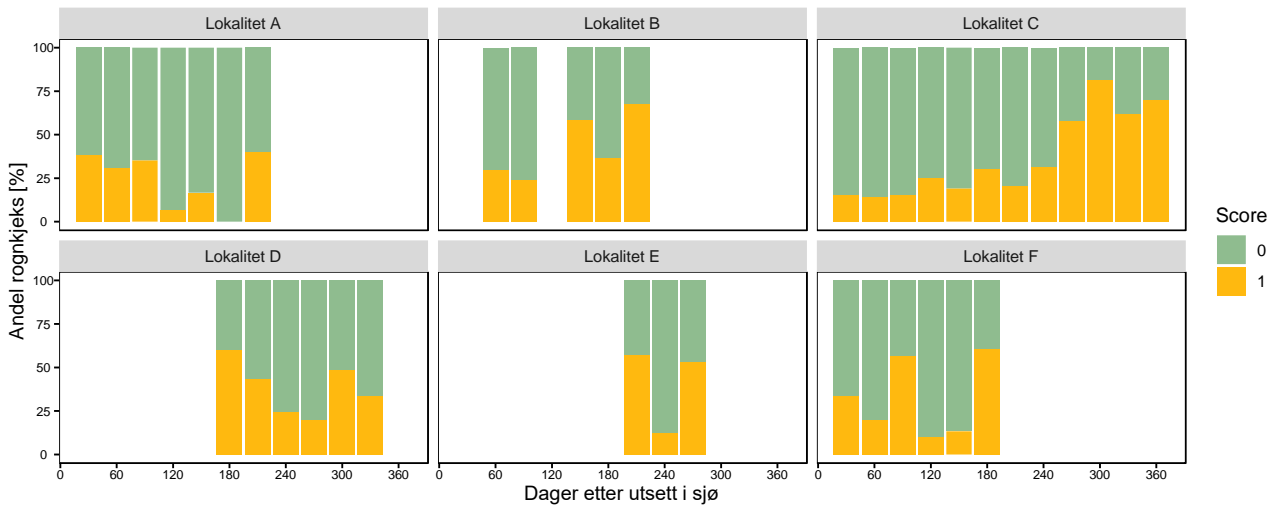
Figur 33: Utvikling av overordnet velferdsscore mot dager etter utsett i sjø ved lokalitetene A-F. Registrerte produksjonshendelser er merket av under x-aksen, og den grønne vertikale streken indikerer utsettsdato. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Antall rognkjeks vurdert: 835 ved lokalitet A, 223 ved lokalitet B, 720 ved lokalitet C, 353 lokalitet D, 120 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



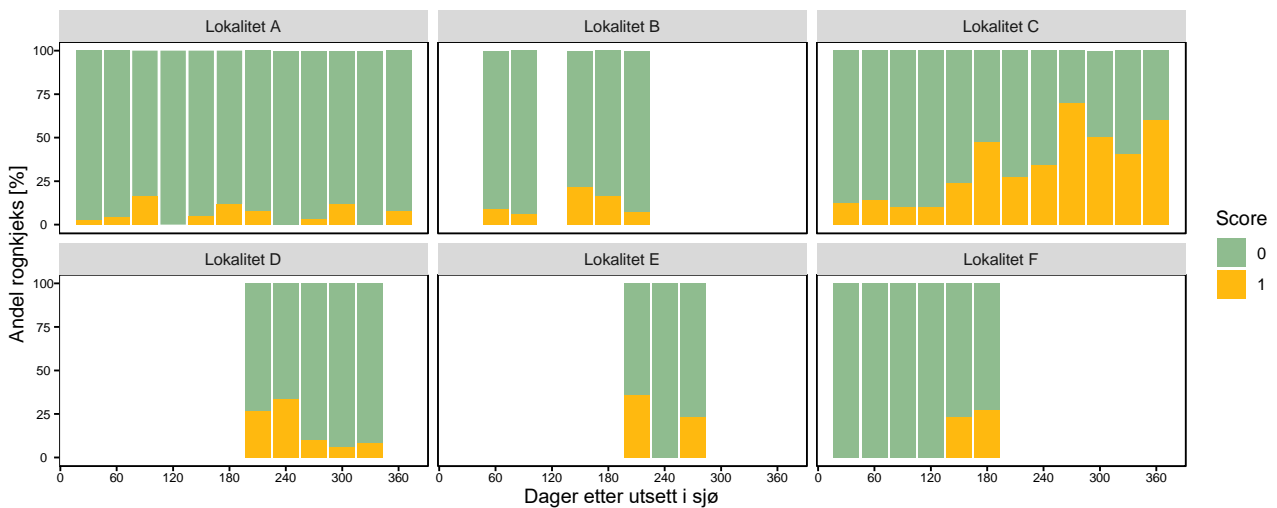
Figur 34: Utvikling av ascites ved lokalitetene A-F. Farger viser funnene: 0 (grønn): ikke til stedet, 1 (gul): til stedet. Antall rognkjeks vurdert: 701 ved lokalitet A, 223 ved lokalitet B, 396 ved lokalitet C, 193 lokalitet D, 90 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



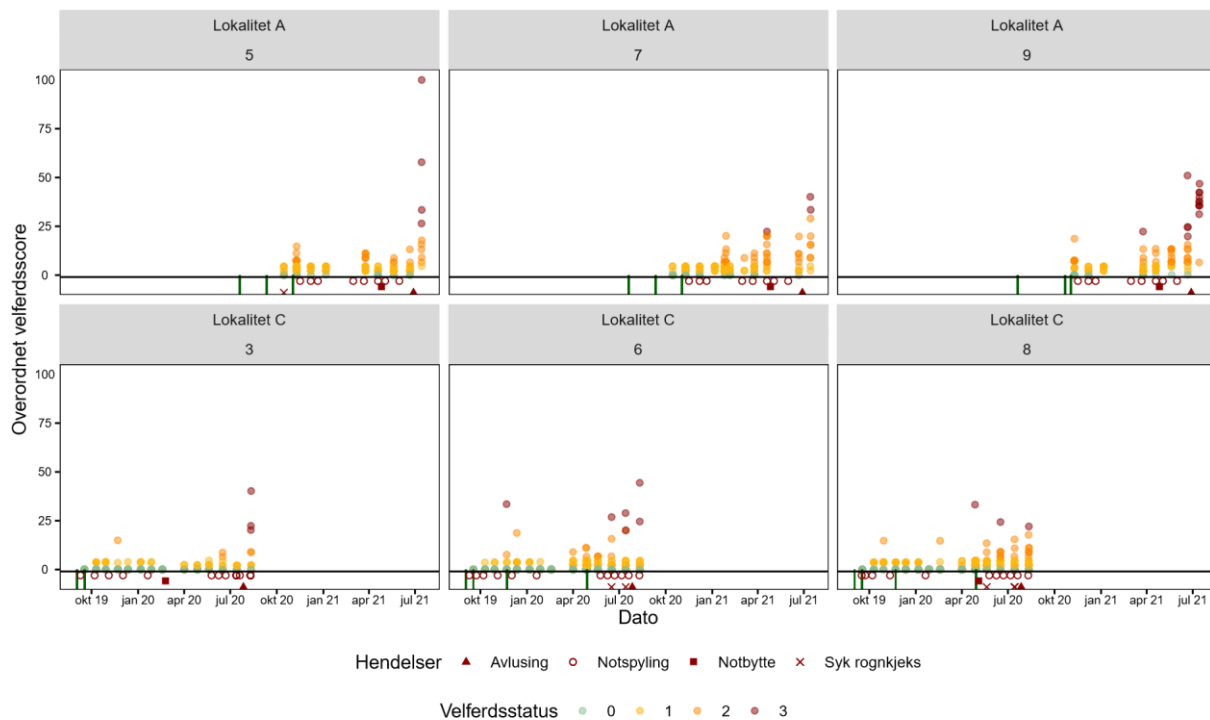
Figur 35: Utvikling av hjerteblødninger ved lokalitetene A-F. Farger viser funnene: 0 (grønn): ikke til stedet, 1 (gul): til stedet. Antall rognkjeks vurdert: 631 ved lokalitet A, 215 ved lokalitet B, 377 ved lokalitet C, 158 lokalitet D, 90 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



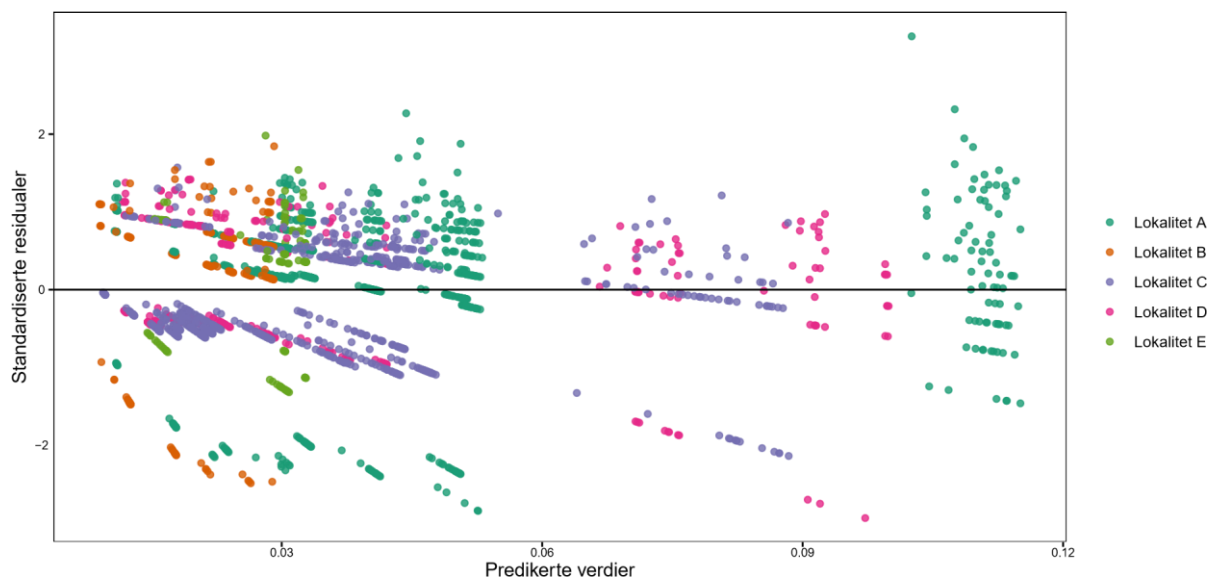
Figur 36: Utvikling av svullen milt ved lokalitetene A-F. Farger viser funnene: 0 (grønn): ikke til stedet, 1 (gul): til stedet. Antall rognkjeks vurdert: 231 ved lokalitet A, 214 ved lokalitet B, 396 ved lokalitet C, 178 lokalitet D, 90 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



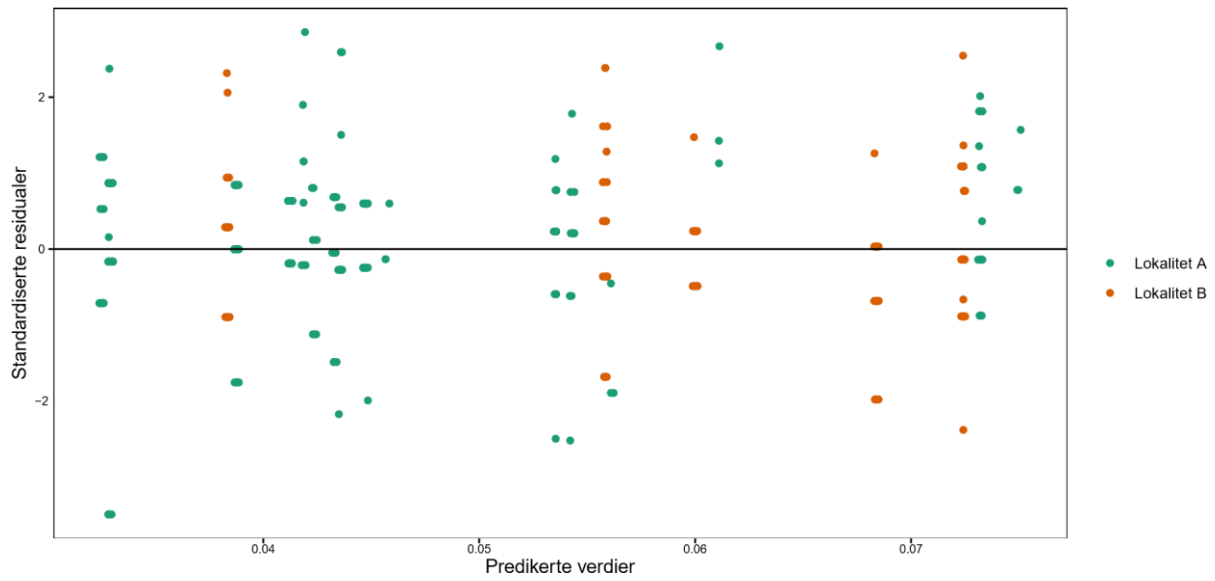
Figur 37: Utvikling av svullen nyre ved lokalitetene A-F. Farger viser funnene: 0 (grønn): ikke til stedet, 1 (gul): til stedet. Antall rognkjeks vurdert: 714 ved lokalitet A, 215 ved lokalitet B, 397 ved lokalitet C, 19 lokalitet D, 90 ved lokalitet E, 177 ved lokalitet F.



Figur 38: Eksempel av overordnet velferdsscore på merdnivå for 3 merder ved lokalitet A og C. Registrerte produksjonshendelser er merket av under x-aksen, og den grønne vertikale streken indikerer utsettsdato. Farger viser velferdsstatus: 0 (grønn): god, 1 (gul): noe redusert, 2 (oransje): tydelig redusert, 3 (rød) alvorlig redusert. Fra merd 5, 7 og 8 ved lokalitet A ble totalt 438 rognkjeks vurdert, mens 720 rognkjeks fra merd 3,6 og 8 ved lokalitet C ble vurdert.



Figur 39: Residualplot for den fulle regresjonsmodellen basert på data fra lokalitetene A-E. De standardiserte residualene plottet mot tilpassede verdier, og farget etter lokalitettilhørighet. Antall rognkjeks vurdert: 2113.



Figur 40: Residualplot for den utvidede regresjonsmodellen basert på velferd og miljødata fra lokalitet A og B. De standardiserte residualene plottet mot tilpassede verdier, og farget etter lokalitettilhørighet. Antall rognkjeks vurdert: 416.