

7. Dyrevelferd i norsk fiskeoppdrett

Lars H. Stien, Tore S. Kristiansen, Rune Waagbø, Øystein Sæle, Nina Sandlund, Jonatan Nilsson

Havforskningsinstituttet

Dette er vedlegg til Kapittel 7. «Velferd hos laks og rensefisk i merder i sjøen» i Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019 ([Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019 | Havforskningsinstituttet](#))

Dokumentet utgjør kunnskapsgrunnlaget for risikovurderingen og gir også en oversikt over status på fagområdet.

7. 1 Innledning	1
7.2 Velferd hos oppdrettslaks	2
7.2.1 Velferd og dødelighet i ferskvannsfasen.....	3
7.2.2 Velferd og dødelighet i sjøfasen	3
7.2.3 Dødelighet, stress og skader under avlusning	5
7.2.4 Sykdom og parasitter	8
7.2.5 Skadelig vannmiljø	9
7.2.6 Dødelighet per produksjonsområde	10
7.2.7 Preventive metoder mot lakselus og nye driftsformer.....	11
7.2.8 Triploid laks	12
7.3 Velferd hos rensefisk.....	13
7.3.1 Håndteringstress og dødelighet hos rensefisk.....	15
7.4 Fiskeernæring og velferd	15
7.4.1 Ernæring hos rensefisk.....	17
7.10 Referanser	19

7. 1 Innledning

Fisk er beskyttet av Lov om Dyrevelferd på samme måte som andre produksjonsdyr, og loven sier bl.a. at: «Dyr har egenverdi uavhengig av den nytteverdien de måtte ha for mennesker. Dyr skal behandles godt og beskyttes mot fare for unødige påkjenninger og belastninger (§3)» og at «Dyreholder skal påse at driftsformer, metoder, utstyr og tekniske løsninger som brukes til dyr er egnet til å ivareta hensynet til dyrenes velferd» (§8). Dette er klare krav, men hva som menes med «unødige påkjenninger og belastninger» og hvor grensene går er uklart. Hva som egentlig menes med «dyrenes velferd» er heller ikke definert, og har store rom for fortolkning. I de nylig publiserte kunnskapssoppdateringen om velferd

og velferdsindikatorer hos laks og regnbueørret (Noble mfl. 2018, 2020) blir fiskevelferd definert som «livskvalitet som oppfattet av dyret selv». Denne definisjonen samsvarer godt med hvordan folk flest oppfatter begrepet dyrevelferd, der særlig dyrenes (selvopplevde) mulige lidelser er hovedgrunnen til at de bekymrer seg for dyrenes velferd.

For at fisken skal oppleve god velferd må fisken tilbys miljøforhold og omgivelser den er i stand til å tilpasse seg og mestre. Indikatorer på god mestring er at de er friske og sunne, vokser normalt og har normal atferd. Ved håndtering av fisken må det også brukes metoder som ikke skader fisken, eller at den utsettes for miljøforhold som påfører dem høyt stressnivå eller smerte. Indikatorer på dårlig velferd er sykdom, parasitter og skader, dårlig vekst og avmagring, og avvikende atferd, som f.eks. at de står og sturer langs nota og viser liten respons på føring (Noble mfl. 2018, 2020). At noen fisk dør er også selvfølgelig en indikator på dårlig velferd, da vi må anta at fisk som har dødd har opplevd kortere eller lengre perioder med dårlig velferd og at det er flere syke eller skadete fisk i oppdrettsenheten.

Selv om dødelighet ikke er et direkte mål på hvor god livskvaliteten er, så er dette den eneste velferdsindikatoren som oppdretterne rapporterer regelmessig til Fiskeridirektoratet. Antall fisk i begynnelsen av måneden og antall døde i måneden før rapporteres innen 7. i hver måned for hver enkelt oppdrettsmerd som er i drift. Hvis fisk blir flyttet fra en merd til en annen (f.eks. i forbindelse med en avlusing) blir det svært vanskelig å følge en gruppe fisk gjennom en hel produksjon og beregne dødeligheten for hele produksjonen. For å omgå dette problemet har vi derfor valgt å benytte kun månedlig dødelighet som velferdsindikator i dataanalysen under. Denne analysen kunne ha blitt gjort betydelig mer nøyaktig og gitt bedre informasjon hvis det ble rapportert en fiskegruppe-ID sammen med de månedlige produksjonsdataene som blir rapportert til Fiskeridirektoratet og de ukentlige luse- og avlusingsdataene som blir rapportert til Mattilsynet.

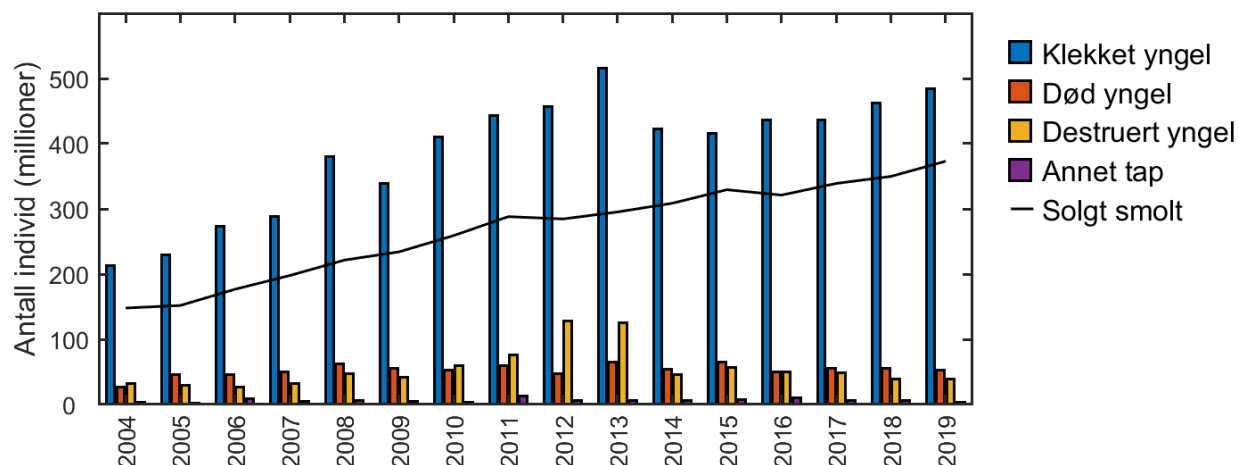
Nedenfor vil vi denne gangen bare sette søkelys på velferd hos oppdrettslaks og rensefisk, og ikke vurdere regnbueørret, kveite og andre arter i oppdrett. Alle antall- og dødelighetsberegninger er basert på månedlig innrapportert data til Fiskeridirektoratet og Mattilsynet fra alle norske oppdrettslokaliteter som var i drift i perioden 2004-2020.

7.2 Velferd hos oppdrettslaks

Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) har som de fleste fiskearter et rikt sanseapparat og en avansert hjerne som gjør de i stand til å oppleve sine omgivelser, fange byttedyr og unngå farer. Lakseyngel og parr lever de første 2-5 årene i elvene som bunnfisk og er tilpasset et liv i sterk vannstrøm, varierende miljøforhold, relativt små vannvolumer, og høy risiko for å bli spist av predatorer. Etter smoltifisering, når de er rundt 20 g, vandrer de relativt få som har overlevd ned elva og videre ut i Norskehavet for å gjøre seg store og feite (Aas mfl. 2010). Også der er de utsatt for predatorer, sykdom og parasitter, og som oftest er det langt mindre enn 10% som 1-3 år senere og 2-20 kg større vandrer tilbake for å gyte, som oftest i elva de kom fra (Aas mfl. 2011). Laksen er derfor en robust fisk tilpasset store miljøforskjeller og lange vandringer, og derfor også en fisk som er godt egnet til et liv i oppdrett. Oppdrettslaksen er i tillegg tilpasset livet i oppdrett gjennom mange generasjoner av selektivt utvalg av familiene med de beste egenskapene for å mestre livet i oppdrett, og vokser nå langt bedre under oppdrettsbetingelser enn avkom fra vill laks (Solberg mfl. 2013). Til forskjell fra villaksen er oppdrettslaksen fanget i et begrenset vannvolum der den er i tett kontakt med tusener av andre laks, er utsatt for et høyere smittepress fra virus, bakterier og parasitter, og får tildelt et næringsrikt, men ensformig og dødt fôr med høyt tørrstoff- og planteinnhold. I

tillegg er oppdrettslaksen utsatt for håndteringsprosedyrer som sortering, vaksinerings, trenging og avlusing som utsetter de for stress og skader.

7.2.1 Velferd og dødelighet i ferskvannsfasen

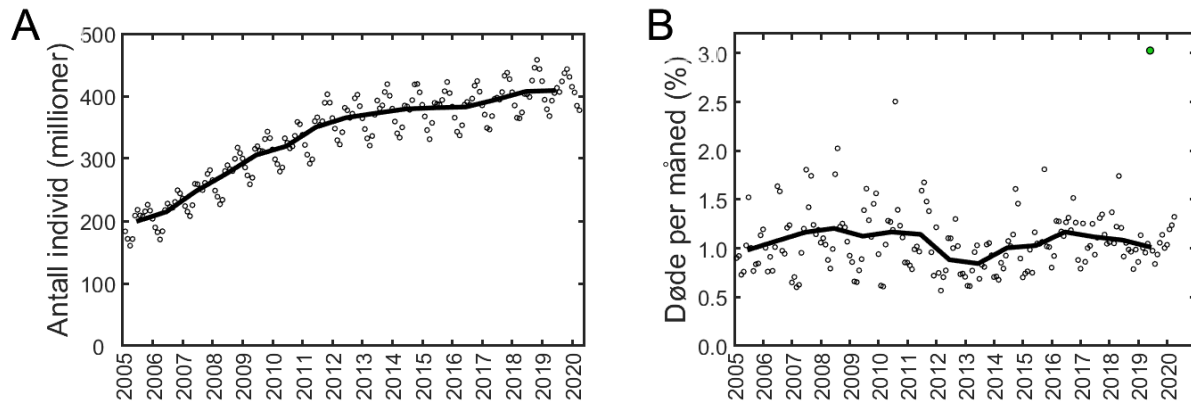


Figur 7.1 Produksjon av lakseyngel og laksesmolt i årene 2004-2019. Stolpediagrammet viser totalt antall klekket yngel per år (blå stolper), antall rapportert som død (røde stolper), antall rapportert som destruert (oransje stolper) og antall rapportert som rømt og annet svinn (lilla stolper). Linjen indikerer antall laksesmolt solgt for utsett i sjø det angitte året. Kilde: Fiskeridirektoratet, tall for 2019 er oppgitt som foreløpige.

Antall solgte laksesmolt økte fra 148 millioner i 2004 til 373 millioner i 2019 (Figur 7.1). For å produsere laksesmolt ble det siden 2010 årlig klekket over 400 millioner lakseegg, hvor 75-80 % vokste opp til salgbar smolt. Dødeligheten i klekkeriene varierte i perioden 2004-2019 fra 27 til 65 millioner per år. I tillegg ble omtrent like mye av settefisk destruert, både av kvalitetsårsaker (størrelse, deformiteter og skader), sykdom og trolig også på grunn av markedsmessige årsaker og produksjonsbegrensninger i matfiskfasen. Mellom 3 og 13 millioner lakseyngel og parr er også oppgitt som rømt og annet svinn ulike år. Totalt sett betyr det at dødeligheten i settefiskanleggene er høyere enn i sjøfasen, noe som indikerer betydelige velferdsproblemer også der. I settefiskanleggene dør mest fisk under 3 g (Tørud mfl. 2019). I en spørreundersøkelse blir det svart at også vaksinerings, sortering og transport medfører høy risiko for dødelighet (Tørud mfl. 2019)

7.2.2 Velferd og dødelighet i sjøfasen

Antall laks i sjø, dvs. antall laks som til enhver tid er i sjømerder, økte raskt fra år til år frem til 2012 hvor en for første gang passerte over 400 millioner laks i sjøen deler av året (Figur 7.2A). Fra 2013 til nå har veksten vært mer moderat. Antall laks i sjøen varierer gjennom året avhengig av når ny fisk blir satt ut og når stor fisk blir slaktet.



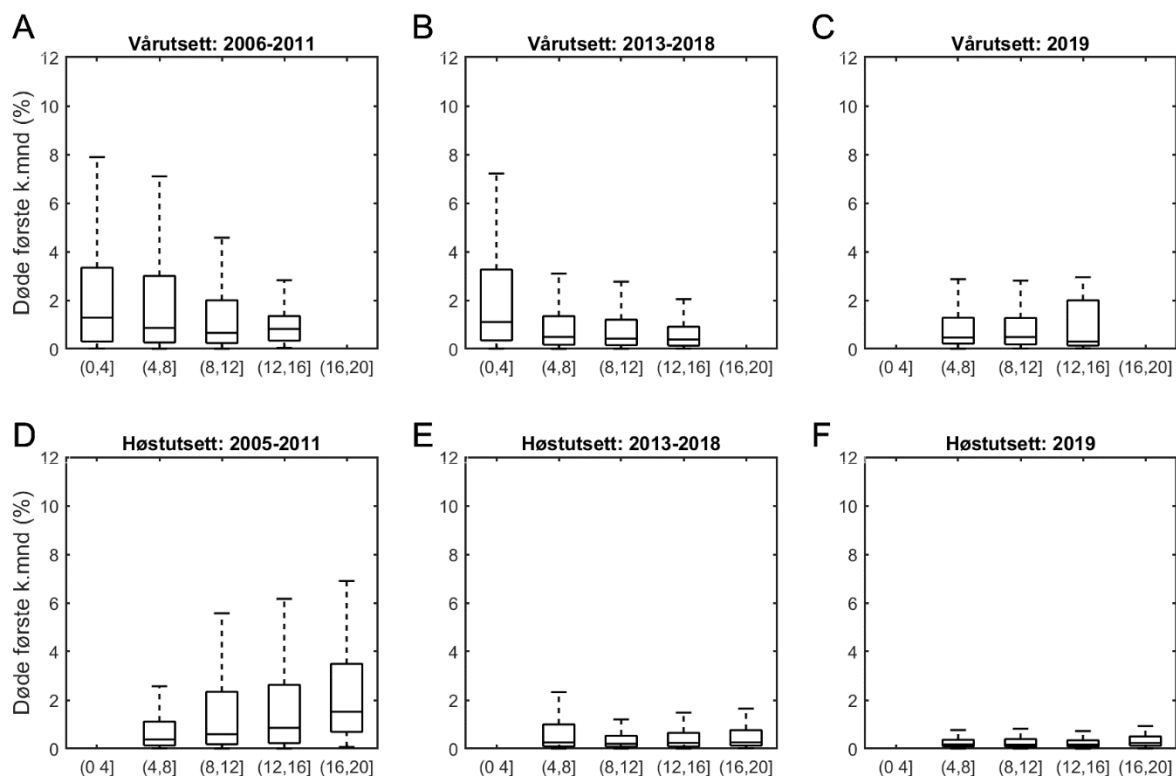
Figur 7.2 Laks i sjø og prosent døde 2005-2019. A) Antall fisk registrert i sjø per måned. B) Prosent døde oppdrettslaks per måned. Sirkler angir månedsverdiene, mens de heltrukne svarte linjene angir snitt månedsverdiene per år (for 2019 er maiverdien ikke inkludert i årssnittet). Data: Fiskeridirektoratet.

I perioden 2005-12 lå gjennomsnittlig månedlig innrapportert dødelighet for alle størrelser rundt 1.0 %, men med betydelig variasjon fra måned til måned mellom 0,5-1% (Figur 7.2B). I 2012 ble det registrert en tydelig nedgang i dødeligheten, men dødeligheten økte i årene senere til omtrent samme nivå, men med noe mindre variasjon enn før 2012 (Fig. 7.2B). Som vist nedenfor skyldes dette i hovedsak høyere dødelighet etter lusebehandling av større laks (se 20.2.4). Den svært høye dødeligheten registrert i mai 2019 (Figur 7.2B) er en utligger som skyldes oppblomstringen av den giftige algen *Chrysochromulina leadbeateri* i deler av Ofoten og Lofoten som tok livet av over 7 millioner laks.

Hvor godt laksesmolten tåler overgangen fra settefiskanlegg til sjø er en indikator på hvor robust fisken er for livet i merdene. Denne overgangen medfører nødvendigvis risiko for stress og skader i forbindelse med overføring til bil eller brønnbåt, transporttid, vær og sjø- og veiforhold under transport, vannkvalitet i transporttanker, utpumping til merdene. Overføring til en merd medfører også et helt nytt miljø hva gjelder lysforhold, temperatur, vannkvalitet, patogener og fysiske forhold som laksen må både fysiologisk og atferdsmessig tilpasse seg. Laks som er svekket av tidligere sykdom eller som har opplevd sub-optimale oppdrettsbetingelser i ferskvannsfasen har dårligere forutsetninger for å mestre summen av de overnevnte stressfaktorer. Den største risikofaktoren er imidlertid at ikke alle individene er skikkelig smoltifisert, som vil si at de er fysiologisk tilpasset sjøvann og kan regulere salt- og vannbalansen i cellene. Utsett med laks der deler av populasjonen er ufullstendig smoltifisert, eller er forbi «smolt-vinduet» og har resmoltifisert, vil få langvarig osmotisk ubalanse ved overføring til sjøvann og risiko for høy dødelighet, særlig ved lav sjøvannstemperatur (Sigholt og Finstad, 1990). Dette samsvarer med at rapportert dødelighet i utsettingsmåned er høyest ved 0-4°C (Figur 7.3AB.)

Dataene viser også at dødelighet ved utsett var generelt høyere før 2012 enn etter, og kanskje særlig for høstutsett. I tillegg viser analysen at dødelighet i forbindelse med høy temperatur ved utsett etter 2012 har vært på samme nivå som de moderate temperaturene. I 2019 lå dødeligheten i forbindelse med utsett på samme nivå som årene før på våren, men tydelig lavere dødelighet for høstutsettene (Figur 7.3F). Basert på dette kan det se ut som at særlig høstsmolten nå jevnt over er mer robust enn før. Vi har ikke data på om bedringen skyldes bedre smoltkvalitet, eller om transport og håndteringsmetodene ved utsett har blitt mer skånsom. Smoltstørrelsen (som rapportert ved slutt på kalendermåned med utsett) økte gradvis fra under 110 g i gjennomsnitt før 2012 til 160 g i 2019, noe som kan ha gjort fisken mer robust.

En annen medvirkende forklaring på denne nedgangen kan også være introduksjon av lakseeegg fra stamfisk selektert for IPN-resistens fra 2010-11, som har ført til at forekomst av denne sykdommen har blitt redusert med mer enn 90%. I 2011-12 gikk rapporterte lokaliteter med IPN kraftig ned, noe som fortsatte ytterligere i 2013, og IPN har ligget på et relativt lavt nivå siden (Sommerset m.fl. 2020; Fig 7.6).

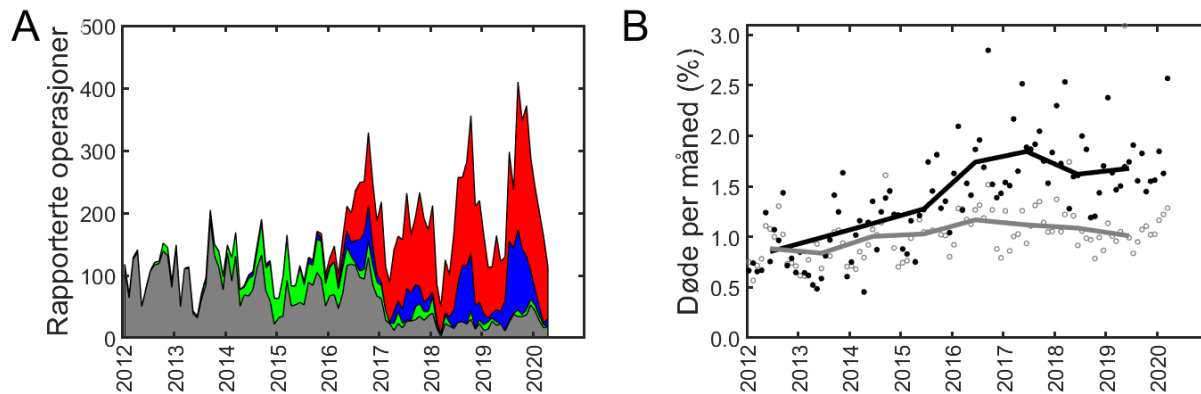


Figur 7.3 Dødelighet samme kalendermåned som utsett ved temperatur mellom 0 og 4 °C, 4 og 8 °C, 8 og 12 °C, 12 og 16 °C og 16 og 20 °C for laks satt ut i første halvdel av året («vårutsett»), andre halvdel av året («høstutsett») for årene 2005-2011, 2013-18 og 2019.

7.2.3 Dødelighet, stress og skader under avlusning

Selv om dødeligheten første kalendermåned etter utsett har gått ned (Fig 7.3), har dødeligheten på større og eldre fisk dessverre vært økende. Selv om det rapporteres tilfeller der stormer, predatorer, forstyrrelser fra røkting og utstyr har stresset fisken og ført til skader, antar vi at dette har relativt lite avtrykk på fiskevelferden for oppdrettsfisken som helhet. Analyse av data fra databasen til Fiskeridirektoratet sammenstilt med innrapporterte avlusingsoperasjoner til Mattilsynet viser tydelig at det er stor risiko for økt dødelighet under avlusingsoperasjoner (Fig 7.4). Etter 2012 har metodene for lusebehandling endret seg fra badebehandling med pyretroider eller organofosfater, via hydrogenperoksid til hovedsakelig ikke-medikamentell-behandling (IMM) (Figur 7.4A). Figuren viser også en økning i antall innrapporterte behandlinger fra 2016. Dette samvarierer med endring i avlusingsmetode til IMM, men også med at Mattilsynet desember 2015 kom med en presisering om at en kan behandle enkeltmerder i anlegget med mye lus for å holde smittepresset nede og ha en mer målrettet tilnærming til

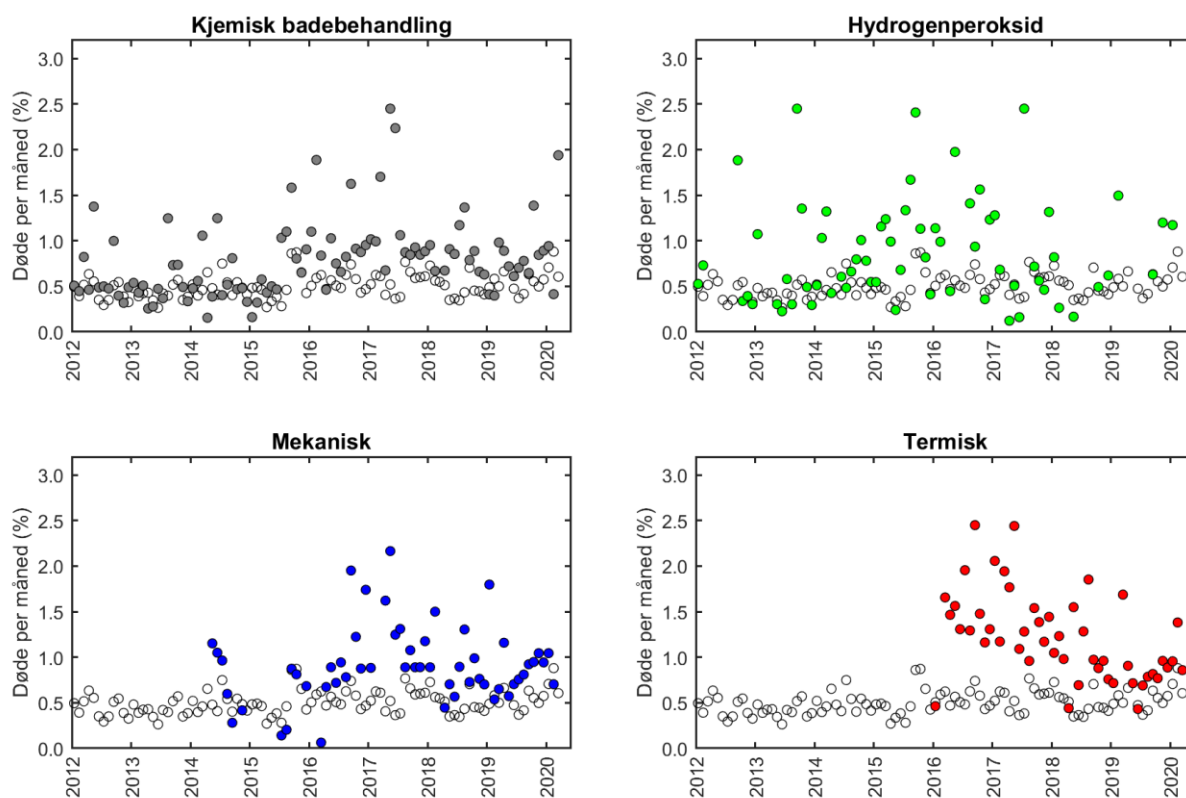
lusebehandling. Før denne presiseringen var mer enn 50 % av innrapporteringene for hele anlegget, mens har siden ligget på 30 - 40%.



Figur 7.4 A) Avlusingsoperasjoner rapportert til Mattilsynet 2012-2019. Rød = termisk, blå = mekanisk, grønn = hydrogenperoksid bad, grå = andre bademidler. B) Innrapportert månedlig dødelighet generelt (grå åpne punkt) vs. innrapportert månedlig dødelighet for lokalitet som har rapportert avlusing (svarte punkt). Heltrukken linje = generell årlig trend for alle lokaliteter (grå linje) og lokaliteter som har gjennomført avlusing gitte måned (svart linje).

I 2012 var 95 % av alle innrapporterte avlusingsoperasjoner kjemisk badebehandling, 5 % badebehandling med hydrogenperoksid og i tillegg noen få mekaniske avlusinger, mens i 2019 var nær 60 % termisk, 26 % mekanisk, og kun 12 % kjemisk badebehandling og 3 % behandling med hydrogenperoksid. Når vi sammenligner dødelighet i merder med og uten lusebehandling ser vi en tydelig økning i forbindelse med innføring av ikke-medikamentelle-metoder (IMM) fra 2016 (Fig 7.4B). Rapportert dødelighet i avlusingsmåned gikk noe ned fra 2018, som trolig skyldes forbedring av teknologi og mer erfaring med bruk av IMM.

I 2019 var nær 75 % av alle innrapporterte avlusingsoperasjoner i produksjonsområde 2-5 termiske, mens det var en mer jevn fordeling mellom mekanisk og termisk fra produksjonsområde 6 og nordover. Fra produksjonsområde 9 var det også et vesentlig innslag av hydrogenperoksid. Ved å sammenligne den månedlige dødeligheten for lokaliteter uten innrapportert avlusing med lokaliteter med gjennomført avlusing får vi et bilde av hvor risikofylte de ulike avlusingsmetodene er for fisken (Figur 7.5). Kjemisk badebehandling gav ofte økt dødelighet, men det er også mange måneder med tilsvarende dødelighet som normalen. Avlusing med hydrogenperoksid gav tilsvarende dødelighet som ved kjemisk badebehandling, men dødeligheten har til tider vært mer variabel og svært høy og denne metoden må karakteriseres som mer risikofylt. Etter at mekanisk behandling ble tatt i utstrakt bruk (fra og med 2016) ligger nesten alle punktene over normalen. Tilsvarende ser vi for termisk avlusing. Legg imidlertid merke til at for mekanisk og termisk avlusing så har dødeligheten gått ned i 2019. Dette kan være et resultat av økt oppmerksomhet rundt dødelighet i forbindelse med avlusing, optimalisering av utstyr og prosedyrer, og presiseringen fra Mattilsynet om at fiskehelsepersonell skal vurdere forsvarligheten ved avlusingen. En medvirkende årsak til nedgangen i dødelighet kan også være bløggebåter som ligger standby og bistår med å fjerne døende fisk etter avlusing.

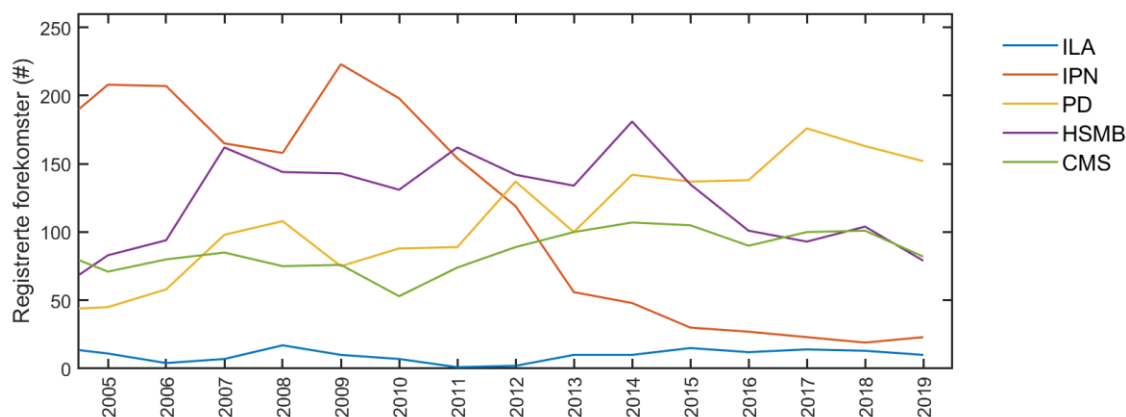


Figur 7.5 Sammenligning av dødelighet per måneder for lokaliteter som ikke har rapportert en avlusingsoperasjon vs. dødelighet for lokaliteter som har rapportert kjemisk badebehandling, avlusing med hydrogenperoksid, mekanisk avlusing eller termisk avlusing. Analysen er gjennomført basert på produksjonsområde 6-12 for laks over 1 kg. Produksjonsområder 2-5 er utelatt fordi disse er sterkt dominert av termisk avlusing. Filter: Laks over 1 kg, produksjonsområde 6-12.

Effekt på fiskevelferd ved termisk avlusing ble vurdert av uavhengige forskningsinstitutt under utviklingen av begge de to meste brukte systemene i næringen (Grøntvedt mfl. 2015, Roth 2016). Til tross for dette er det tydelig at termisk avlusing i mange tilfeller kan gi høy dødelighet (Overton mfl. 2018), og det har blitt rapportert om blødninger og sårskader (Poppe mfl. 2018) og fisk som kolliderer i vegger i behandlingskammeret (Hjeltnes mfl. 2019). På oppdrag fra Mattilsynet har Havforskningsinstituttet sammen med Veterinærinstituttet avdekket at laks som blir eksponert for temperaturer over 28 °C viser tydelig flukt- og smerteatferd (Nilsson mfl. 2019). For mekanisk avlusing blir det rapportert om at både spylingen og børsting kan påføre fisken skjelldtap og blødninger (Holan mfl. 2017, Erikson mfl. 2019, Sommerset mfl. 2020). Effekt av skjelldtap, og når fisken er mest sårbar for dette er et område hvor det mangler mye viktig grunninformasjon og hvor det bør fremskaffes ny kunnskap (Noble mfl. 2018). Generelt synes det som om det arbeides fortløpende med å forbedre de ulike teknologiene for avlusing, og dataene fra Figur 7.5 tyder på at det har vært en vesentlig forbedring siden de først ble introdusert, men at det fortsatt er forbundet med økt fiskedødelighet å gjennomføre en avlusing.

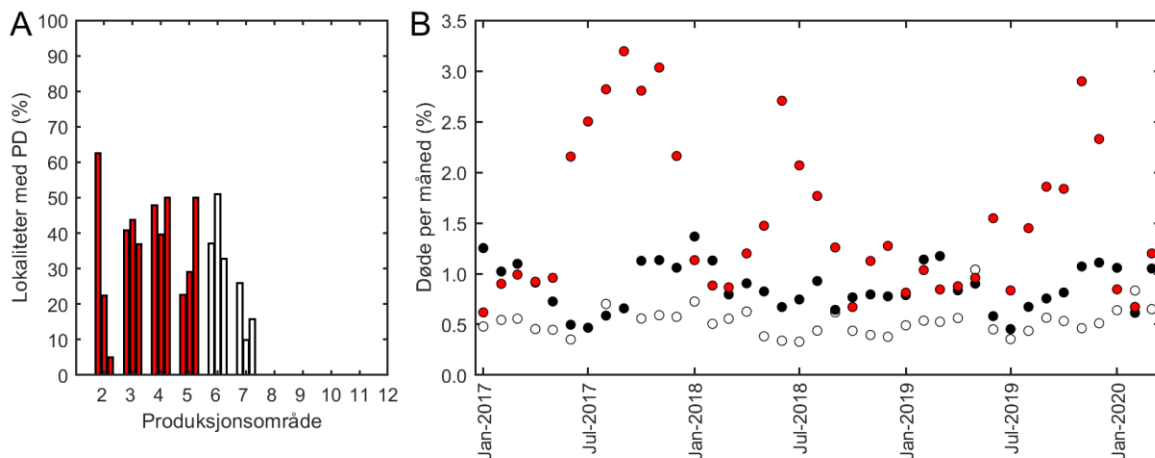
7.2.4 Sykdom og parasitter

Fravær av alvorlig sykdom og skadelige mengder parasitter er en forutsetning for god velferd. Særlig infeksjoner som er smertefulle og langvarige og fører til nedsatt organfunksjon medfører sterkt redusert velferd. Det rapporteres inn en rekke sykdommer for laksefisk i oppdrett, og med unntak av IPN er det lite som tyder på at sykdomsbildet har bedret seg de siste årene. Blant virussykdommene er Pankreassykdom (PD), hjerte og skjelettmuskelbetennelse (HSMB) og hjertesprekk (CMS) de hyppigst rapporterte (Figur 7.6). Symptomer på PD inkluderer tap av appetitt, muskelskader (inkludert spiserørmuskulatur), celledød i bukspyttkjertelen (pankreas) og redusert produksjon av fordøyelsesenzymer, endret adferd (fisken stiller seg i overflaten) og økt dødelighet. Særlig PD forårsaket av SAV3, som er vanligst på Vestlandet, er forbundet med økt dødelighet. Fisk med SAV3 nord for produksjonsområde 5 skal destrueres, eller flyttes sørover (Forskrift om tiltak for å forebygge, begrense og bekjempe PD hos akvakulturdyr). For produksjonsområde 6-7 er det i hovedsak SAV2. I 2019 ble det ikke registrert noen forekomster av SAV3 i produksjonsområde 3, men det ble registrert enkelttilfeller av SAV2 (Sommerset mfl. 2020). Ifølge Fiskehelserapporten (Sommerset mfl. 2020) rapporteres HSMB fra hele landet, med de siste årene med en overvekt i produksjonsområde 9 -11. Både PD, HSMB og CMS gir varierende dødelighet, og dødelighet forårsakes gjerne av stress i forbindelse med håndtering.



Figur 7.6 Registrert forekomst av ulike virussykdommer hos laks i oppdrett i perioden 2005 – 2019 diagnostisert av Veterinærinstituttet (Sommerset mfl. 2020). I tillegg er det diagnostisert sykdommer i private laboratorier, og en må anta at mange forekomster ikke er registrert i denne statistikken.

Siden PD er en meldepliktig sykdom, har vi gode data for denne, og en relativ stor andel av anleggene sør for PO8 rapporterer om PD infeksjoner (Figur 7.7A). Ved å plote dødelighet for anlegg i produksjonsområder fri for PD, for anlegg uten påvist PD i produksjonsområder med PD og for anlegg med påvist PD kommer risikoen for økt dødelighet ved pankreassykdom tydelig frem (Figur 7.7B). Blant bakteriesykdommene er spesielt vintersår et stort velferdsproblem. Vintersår forekommer langs hele kysten, men særlig i Nord-Norge. En grundig gjennomgang av status for de ulike fiskesykdommene finnes i Fiskehelserapporten 2019 (Sommerset mfl. 2020).

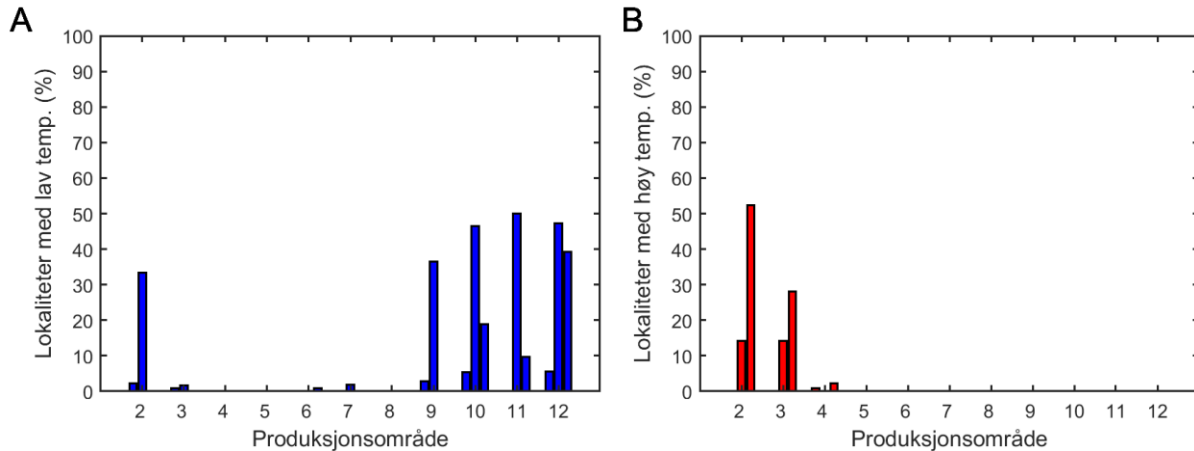


Figur 7.7 A) Prosentandel aktive lokaliteter med PD registrert i 2017, 2018 og 2019 per produksjonsområde. I produksjonsområde 2-5 dominerer SAV3 (røde stolper), mens i produksjonsområde 6-7 destrueres eller flyttes lokaliteter med SAV3. Her vil det derfor være i hovedsak SAV2 som blir stående i sjø (hvite stolper). B) Snitt månedlig dødelighet for produksjonsområde 6-12 i måneder uten rapportert avlusingsoverasjon (åpne sirkler), snitt månedlig dødelighet i måneder uten avlusingsoverasjon for lokaliteter i produksjonsområde 2-5 uten påvist PD (svarte sirkler) og med påvist PD (røde sirkler) i gitt kalenderår. Filter: Laks > 500 g.

7.2.5 Skadelig vannmiljø

Vannet flyter fritt gjennom merdene og utskiftingsgraden varierer med vannstrøm på ulike dyp, maskevidde og begroing på merdveggene. En har derfor ingen kontroll eller rensing av vannet som fisken blir eksponert for. Vanntemperaturen varierer sterkt med sesong, men i perioder, spesielt på vår og sommer, kan det være store temperaturforskjeller mellom ulike dyp. Det kan oppstå høye fisketettheter i de foretrukne temperaturområdene (Oppedal mfl. 2011). Svært lave eller høye temperaturer er særlig problematisk når fisken er stresset, og i tiden etter sjøutsett. Lave temperaturer øker også risikoen for visse sårskymmer som vintersår (forårsaket av *Moritella viscosa*) og sår forårsaket av *Tenacibaculum* spp. I figur 7.8 vises antall lokaliteter som har registrert svært høye (>18°C) eller svært lave temperaturer (<4°C). Høye temperaturer forekommer relativt sjeldent og bare fra produksjonsområde 6 og sørover, mens svært kalde perioder forekommer naturlig nok mest i nord, men i 2019 var det også svært kalde perioder på Vestlandet (særlig PO2).

Vannmiljøet blir også påvirket av fiskens oksygenforbruk og utslipp av avfallsstoffer og ekskrementer. Mengden tilgjengelig oksygen i merdene blir ikke rapportert, men studier viser at det kan oppstå perioder med lave oksygenverdier i merder med mye fisk i perioder med lav vannstrøm. Risikoperioder er her perioder hvor tidevannet snur, og områder med tidevannsdrevet strøm er mest utsatt. De siste årene har en tatt i bruk såkalte «luseskjørt», som er lusetette presenninger som dekker merdene i de øverste 4-10 meterne for å beskytte mot lakselus. Disse reduserer også vannutskiftingen og det kan oppstå lave oksygenverdier hvis mye fisk står innenfor skjørtene (Stien mfl. 2012, 2018). Opphopning av avfallsstoffer fra fisken, som ammoniakk og CO₂, kan føre til skadelige konsentrasjoner i kar, men i åpne merder blir ikke konsentrasjonene høye nok til å bli et problem.



Figur 7.8 Andel lokaliteter med rapportert månedstemperatur under 4 °C A) eller over 18 °C B). Hvert produksjonsområde har en søyle for henholdsvis 2017, 2018 og 2019.

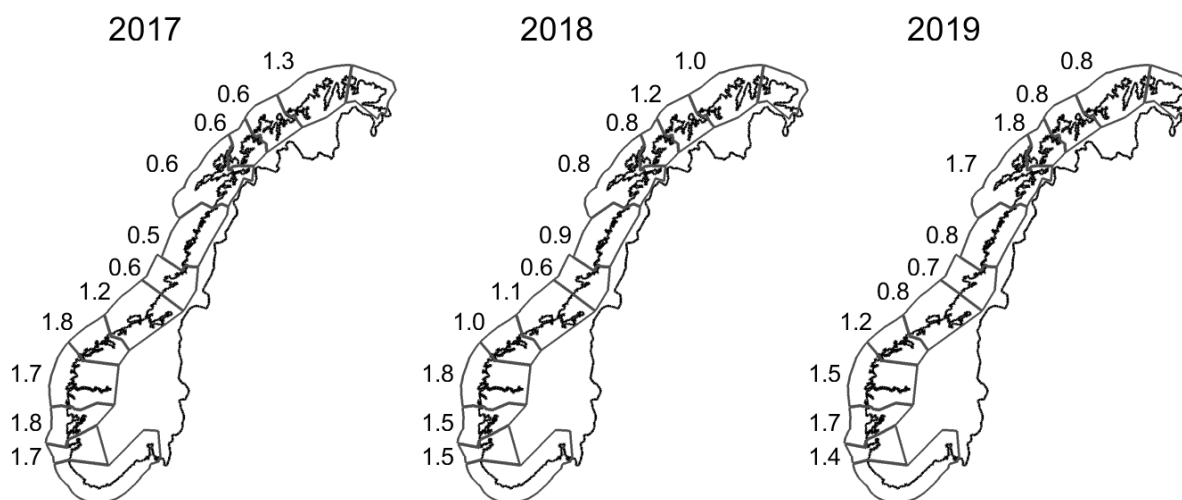
Merdene holdes rene ved å bruke spylemaskiner som fjerner alger og organismer som vokser på notveggene. Omfanget av dette har økt for å gjøre rensefisker mer effektive ved at de har mindre alternativ mat tilgjengelig. Ulempen er at algefragmenter og særlig nesleceller fra hydroider kommer ut i merdene og kan skade gjellene til fisken.

Vi vet lite om hvilke organismer som flyter gjennom merdene og hvilke effekter disse har på fisken. Vi vet imidlertid at det er en svært høy forekomst av gjelleskader. Fiskehelsetjenestene melder om utfordringer med algeoppblomstringer på seinsommer og tidlig høst. Når det er høye algebiomasser kan algene skade gjellene direkte ved mekanisk påvirkning, og noen algetyper er direkte giftige og kan føre til fiskedød også ved lave tettheter. Disse algegruppene har skjøre celler, som kan løse seg opp når de treffer fiskegjellene og slippe ut skadelige stoffer. Eksempler på slike arter i våre farvann er *Chrysochromulina leadbeateri* som drepte mye laks i Nordland i 2019, *Prymnesium parvum*, *Pseudochattonella farcimen*. Andre mindre studerte arter er alger fra slektene *Dictyocha* and *Vicicitus*. Alle disse artene skader gjellene ved at en får nekrotiske endringer i gjellefilamentene. Den mekanistiske forklaringen bak fiskedød på grunn av alger er lite utforsket, men det eksisterer mange teorier. Disse inkluderer frie fettsyrer, reaktive oksygentyper og spesielle algetoksiner. Virkelige algegifter er bare kjent fra noen få arter som f.eks. prymnesiner fra *P. parvum* eller brevetoksiner fra *Karenia brevis*.

7.2.6 Dødelighet per produksjonsområde

Gjennomsnittlig månedlig dødeligheten er relativt stabil fra år til år for de ulike produksjonsområdene (Figur 7.9). Dødeligheten kan variere noe fra år til år på grunn av variasjoner mellom generasjoner og variasjon i hvilken størrelsesfase størsteparten av fisken i det aktuelle produksjonsområdet er. Typisk så er dødeligheten høyest på Vestlandet og lavest i Nord-Trøndelag og Helgeland, hvor gjennomsnittlig månedlig dødeligheten kan være opp til 3 ganger høyere på Vestlandet. Dette skyldes til dels høyere forekomster av sykdom (særlig PD) og mer lakselusbehandling i sør, som igjen kan ha sammenheng med høyere temperaturer og at anleggene ligger tettere. Fjoråret 2019 skiller seg ut med uvanlig høye verdier for PO9 og 10, som skyldes at dødeligheten for disse produksjonsområdene var over 12 % i mai i

forbindelse med oppblomstringen av giftalger. Andre produksjonsområder med nedadgående dødelighetstrend inkluderer PO2 (Boknafjorden) og PO12 (Vestfinnmark). Dette kan tyde på at oppdretterne i disse PO-ene har klart å forbedre velferden til fisken i merdene. En medvirkende faktor kan være at i forhold til mange andre PO-er er disse PO-ene relativt lite påvirket av tilstøtende PO-er.



Figur 7.9 Gjennomsnittlig prosent døde oppdrettslaks per måned for årene 2017, 2018 og 2019 for produksjonsområde 2 til 12. PO1 (Sørlandet) og 13 (Østinnmark) er ikke inkludert siden det her er svært få lokaliteter å basere beregningene på.

7.2.7 Preventive metoder mot lakselus og nye driftsformer

Norsk oppdrettsnæring er under stadig utvikling. Særlig lakselus er en driver av innovasjon og det testes i dag ut flere ulike system for å unngå påslag av lakselus. Dette inkluderer produksjon av post-smolt i landbaserte resirkuleringsanlegg, semi-lukkede merder i sjø, snorkelmerder, merder med skjørt og nedsenkede merder. Alle disse nye driftsformene medfører nye livsbetingelser for fisken som kan ha konsekvenser for dyrevelferden.

Luseskjørt: Dette er et relativt enkelt tiltak hvor en lusetett presenning blir plassert rundt de øverste meterne av merden for å sperre luselarvene ute. Luseskjørt brukes på mange oppdrettsanlegg og det finnes flere vitenskapelige publikasjoner på bruk av luseskjørt og effekt fra luseskjørt på vannkvalitet og fiskevelferd (Frank mfl. 2015, Lien mfl. 2014, Grøntvedt mfl. 2018, Stien mfl. 2012, 2018). Studiene viser at luseskjørt har en reduserende effekt på lusepåslag, men at dette varierer mellom lokaliteter og reduseres ved høy strøm. Studiene viser også at luseskjørt ikke trenger å gi negative effekter på fisken, men at det kan oppstå lave oksygenforhold og dårlig vannkvalitet i skjørtvolumet (Stien mfl. 2012). I Veterinærinstituttet sin spørreundersøkelse til fiskehelsepersonell for 2019 var det flere som rapporterte at de hadde observert utfordringer med luseskjørt knyttet til lave oksygenverdier og negativ påvirkning på gjellehelse (Sommerset mfl. 2020). Det advares også om at lav vannutskifting kan føre til at fisken utsettes for høye konsentrasjoner av gift fra not-impregnering (Sommerset mfl. 2020).

Nedsenket merd: Det har vært forsket på å benytte nedsenkede merder for å oppdrette laks i flere tiår og det finnes mange vitenskapelige publikasjoner på dette (f.eks. Dempster mfl. 2009, Korsøen mfl. 2012,

Glaropoulos mfl. 2019, Oppedal mfl. 2020). Å senke ned laksen har imidlertid flere utfordringer, både rent praktisk og for laksen selv. Laksefisk har en åpen (fysostom) svømmeblære og må gå til overflaten for å svelge luft for å fylle svømmeblæren nok til å opprettholde nøytral oppdrift der den svømmer. For å løse dette problemet har det blitt forsket på undervannsmerder med luftlommer i taket, regelmessig løfting av undervannsmerden til overflaten og bruk av luftbobler. Selv om det nå er flere som tester ut ulike prinsipper for å sikre at laksen klare å fylle svømmeblæren i dypet må denne teknologien fortsatt sies å være på utprøvningsstadiet.

Snorkelmerd: Snorkelmerd, eller tubenot, er i prinsippet en nedsenket merd, men hvor der er en lusetett tunell («snorkel») fra merdvolumet til overflaten hvor laksen kan svømme opp for å fylle svømmeblæren i overflaten. Det er vist at laksen mestrer å svømme opp snorkelen og fylle luft i overflaten for deretter å svømme ned igjen i merdvolumet (Stien mfl. 2016, Oppedal mfl. 2017). Effekten snorkelen har mot lusepåslag avhenger av hvor dyp snorkelen er, dyp av eventuelt brakkvanslag og strømforhold (Samsing mfl. 2016, Oppedal mfl. 2019). Det har også vært tilfeller med økt innslag av AGD (*Neoparamoeba perurans*) hos fisk i snorkelmerd, men det har blitt vist at dette kan behandles ved å tilsette ferskvann i de øverste meterne av snorkelen. Snorkelmerd er mer krevende å drifte og er fortsatt bare i begrenset bruk i nærheten til tross for til dels svært god effekt mot lusepåslag (Geitung mfl. 2019).

Semi-lukket anlegg: Dette er enheter i sjøen med en tett barriere mellom vannvolumet med fisken og omgivelsene. Det kalles semi-lukket fordi det fortsatt er kontakt med det omliggende vannet via vannet som pumpes inn fra dypet, og vannet som pumpes ut. Slike enheter gir en effektiv beskyttelse mot lakselus (Nilsen mfl. 2017), men det er også krevende teknologi der alt må fungere som det skal til enhver tid for at fiskevelferd skal være sikret (Holan mfl. 2017, Noble mfl. 2018). På grunn av høye kostnader blir fisken også holdt i høyere tettheter i semi-lukkede anlegg kontra åpne sjømerder (Nilsen 2019) og en må derfor hele tiden overvåke og tilsette oksygen (Holan mfl. 2017). En rekke ulike former for semi-lukkede anlegg er under uttesting, men bortsett fra noen få enkeltstudier vet vi lite om risiko for teknisk eller menneskelig svikt når de kommer i mer allmenn bruk.

Stor post-smolt: Produksjon av post-smolt i semi-lukkede anlegg i sjø (opptil 1 kg), gjennomstrømningsanlegg eller i resirkuleringsanlegg på land er en måte å redusere tiden laksen er i sjøen, og dermed redusere faren for lusepåslag og påfølgende avlusing. Alle disse produksjonsformene er sårbare for uregelmessigheter i driften og oppblomstringer av patogener som kan være katastrofale for laksen, i tillegg til redusert vannkvalitet og velferdsproblemer knyttet til dette (Holan mfl. 2017, Noble mfl. 2018, Sommerset mfl. 2020). Det kan også være velferdsutfordringer i forbindelse med transport av fisken til sjømerdene og i overgangen fra et kontrollert karmiljø til et mer eksponert miljø i åpne merder.

Eksponert oppdrett: Ved å flytte merdene til havs kan det bli lenger mellom lokalitetene og mindre lusesmitte. Sterk strøm og høye bølger kan imidlertid skape problemer for laksen (Hvas og Oppedal 2017), og i enda større grad for rensefisk (Hvas mfl. 2018, Yuen mfl. 2019, Jónsdóttir mfl. 2019). Det er også flere logistiske utfordringer, og lange perioder med dårlig vær kan hindre oppdretter adgang til anlegget. Det utvikles nå systemer for oppdrett til havs, men disse er fortsatt under utprøving og det er foreløpig lite erfaringsdata tilgjengelig.

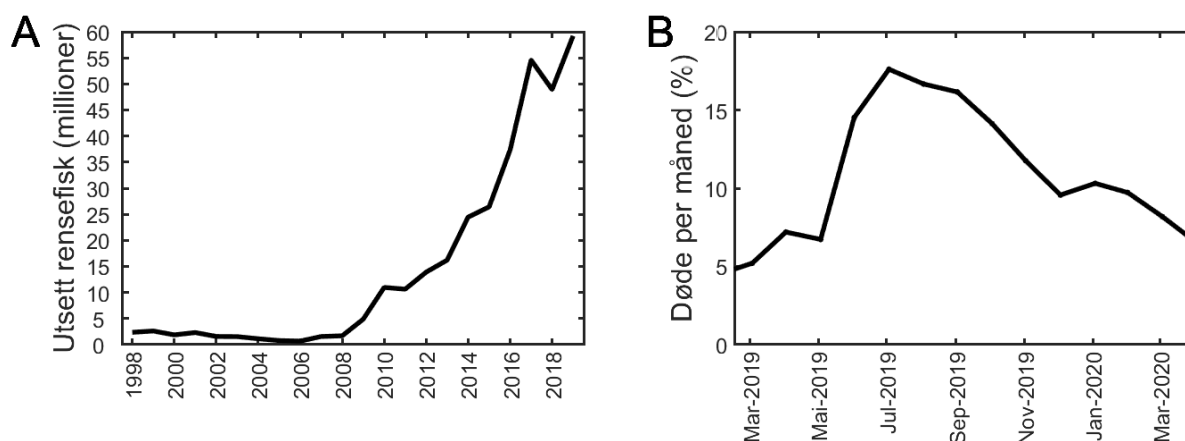
7.2.8 Triploid laks

Triploid laks er steril og har blitt tatt i bruk som et miljøtiltak i forbindelse med «grønne tillatelser» for å hindre genetisk påvirkning av ville laksestammer ved en eventuell rømming. Triploid laks har økt forekomst

av deformiteter og katarakt, men dette kan motvirkes ved å inkubere eggene ved lave temperatur og ved å tilsette mer fosfor og histidin til fôret. Havforskningsinstituttet har fulgt uttesting av triploid laks i flere samarbeidsprosjekt med næringen (Kjøglum mfl. 2016, Stien mfl. 2020). Resultatene fra disse oppfølgningene viser at triploid laks er mer sårbar for infeksjoner som resulterer i sår og høy dødelighet, men det har også vært flere utsett der den triploide laksen har oppnådd tilsvarende eller bedre fiskevelferd som fisken i referansemerder med diploid («normal») laks. Typisk for disse utsettene er at laksen har blitt satt ut i sjø om våren, mens for triploid laks satt ut om sommeren har det vært høyt innslag av parvikapsulose, og triploid laks satt ut om høsten har vært plaget av *Tenacibaculum* («munnråte») og vintersår.

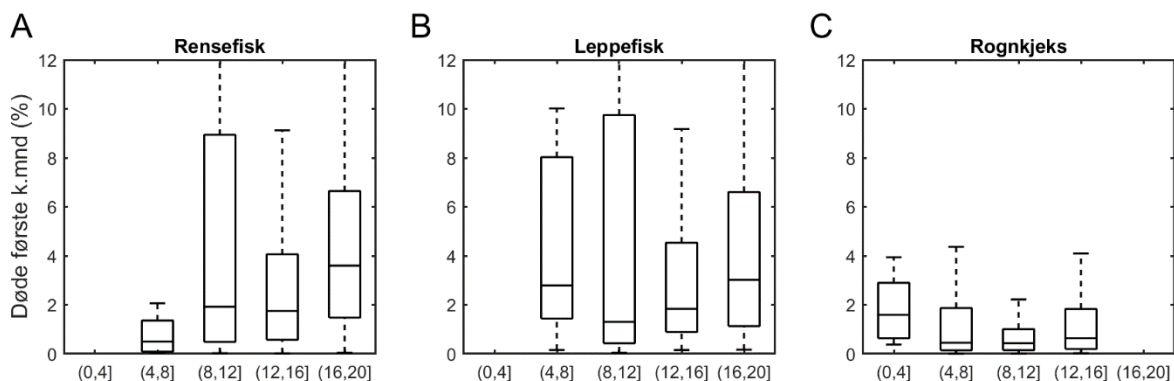
7.3 Velferd hos rensefisk

Rognkjeks og flere arter leppefisk blir benyttet som rensefisk for å holde nede tallet på lakse- og skottelus på oppdrettslaks og -ørret (Imsland mfl. 2014). Bruken av rensefisk har steget kraftig siden 2008 og antall satt ut i merdene var kommet opp i nærmere 60 millioner i 2019 (Figur 7.10A). Rognkjeks og leppefisk står langt fra laks og ørret i både miljøbehov, svømmeevne og biologi, og siden oppdrettsmerdenes design og lokaliseringen er tilpasset laksefisk er de mindre egnet til å dekke rensefiskenes miljøbehov. Leppefiskene er tilpasset et relativt rolig liv mellom klipper, steiner og alger nært land, og miljøpreferanser og -tålegrenser for leppefisk varierer med både art og størrelse.. Rognkjeks vandrer også ut i havet, men voksne individ finnes vanligvis dypere 50 m og foretrekker kaldt vann (Powell mfl. 2018). Når det gjelder svømmekapasitet skiller rensefiskartene seg mye fra laks og ørret. Både rognkjeks og leppefiskartene har dårlig kapasitet for å motstå sterk strøm over tid, mens laks kan tåle betydelig høyere hastigheter (Remen mfl. 2016, Hvas mfl. 2018, Yuen mfl. 2019). Da rensefisken vanligvis er av betydelig mindre størrelse enn laksen gjør den relative strømhastigheten (kroppslengde/s) forskjellen i toleranse for vannstrøm enda større. Selv om rognkjeks til en viss grad kan beskytte seg mot sterk strøm ved å bruke «sugekoppen» under buken hvis den har substrat til dette, gjelder dette bare opp til et visst nivå (Hvas mfl. 2018). Vannmiljøet i en laksemerd er i mange tilfeller ikke innenfor toleranseområdet til rensefisk. Det vil være sesongmessige variasjoner som i perioder gir for lav temperatur for leppefisk eller for høy temperatur for rognkjeks. På eksponerte lokaliteter kan vannstrømmen være for sterk for rensefisk, og hvis den ikke kommer seg i ly for strømmen vil den ende opp i notveggen.



Figur 7.10 A) Utsett av rensefisk rapportert til Fiskeridirektoratet. B) Prosent månedlig dødelighet hos rensefisk rapportert til Fiskeridirektoratet sin database i 2019.

Det er hovedsakelig villfanget bergnebb, grønngylt og berggylt, samt oppdrettet berggylt og rognkjeks som brukes som rensefisk. Den villfangede leppefisk blir utsatt for stress og skader under fiske og transport, så overlevelse ved utsett er avhengig av i hvilken kondisjon fisken er i når den kommer fram til anlegget. Noe fisk blir fanget lokalt og blir overført til merdene samme dag som de fiskes, mens andre blir lagret i oppsamlingstanker og kan bli transportert i bil over lange avstander, for eksempel fra Sørlandet til Trøndelag. Den oppdrettede rensefisk er utsatt for sykdommer i klekkeriene og kan være svekket før transport. Ifølge oppdretterne selv dør mer enn 10% av villfanget leppefisk første måned i merdene. Særlig grønngylt har høy utsettdødelighet, mens utsettdødeligheten er lavere for oppdrettet berggylt og oppdrettet rognkjeks (Stien mfl. 2020). Dataene fra Fiskeridirektoratets database for 2019 viser de samme tendensene (Figur 7.11). Dessverre har denne databasen hatt en samlekategori 'Rensefisk oppdrett' som gjør det vanskelig å skille mellom artene, men der art er oppgitt er det en tydelig forskjell i dødelighet første kalendermåned i sjø mellom leppefisk-artene og rognkjeks (Figur 7.11BC).



Figur 7.11 Dødelighet samme kalendermåned som utsett i 2019 ved temperaturer mellom 0 og 4 °C, 4 og 8 °C, 8 og 12 °C, 12 og 16 °C og 16 og 20 °C der art er oppgitt som A) 'Rensefisk (oppdrett)', B) en leppefisk art B) og C) som rognkjeks.

Mattilsynet gjennomførte en nasjonal tilsynskampanje med helse og velferd hos rensefisk 2018-2019 (Stien mfl. 2020). Som del av denne kampanjen utarbeidet Mattilsynet en spørreundersøkelse om fiskevelferd og dødelighet hos rensefisk. Denne spørreundersøkelsen viste at 42 % av rensefisken som ble satt ut i merdene ble registrert som døde i merden. Forfatterne påpeker imidlertid at den reelle dødeligheten sannsynligvis er vesentlig høyere siden død rensefisk ofte ikke faller ned i dødfiskhåven, men blir fanget i notveggen, hvor de råtner, går i oppløsning, eller blir spist av predatorer på utsiden. Rensefiskene er utsatt for en rekke sykdommer og parasitter, samtidig som stress, uegnede miljøforhold, håndtering og skader er årsaker til høy dødelighet (Stien mfl. 2020). Siden våren 2019 har oppdretterne rapportert inn antall rensefisk i merdene og antall døde rensefisk siste måned på samme måte som for oppdrettslaks. Disse dataene viser at mellom 5 og 18 % av rensefisken som står i merdene blir rapportert som dødfisk hver måned (Figur 7.10), noe som er rundt 10 ganger høyere enn tilsvarende gjennomsnittstall for laks (Figur 7.2). Dette viser at på tross av at oppdretterne gjør en stor innsats for å tilpasse miljøet i merdene med skjulesteder og spesialfôr til rensefisken, så er det tydelig at disse artene ikke mestrer livet i en laksemerd.

7.3.1 Håndteringstress og dødelighet hos rensefisk

Under lusebehandling, notskift og andre operasjoner må fisken som regel tvinges mot eller over overflaten, hvilket medfører trykkreduksjon. Flytting med vakuumpumpe medfører ytterligere trykkreduksjon. Når trykket minker øker volumet på gassen i svømmeblæren. Laksen sin åpne svømmeblære gjør at den tåler rask reduksjon i trykk, da overflødig gass vil lekke ut. Leppefisk har lukket svømmeblære, og reduksjon av gassmengden må skje fysiologisk (via blodbanen) over tid. Ved stort trykkfall på kort tid risikerer derfor svømmeblæren å sprekke, eller fisken kan bli flyte opp og miste oppdriftskontrollen, dvs. uten mulighet for å komme seg ned på dypere vann for å utjevne trykket. Rognkjeks har ikke svømmeblære og vil derfor være mindre påvirket av selve trykkreduksjonen.

Ifølge Akvakulturdriftsforskriften §28 skal rensefisk sorteres ut før det utføres operasjoner som kan føre til belastning, skade og unødvendig påkjenning på rensefisken. På bakgrunn av dette har Mattilsynet presisert at rensefisken må utsorteres før dagens metoder for mekanisk og termisk avlusing. Unntaket er hvis rensefisken selv behøver avlusing. Mange lokaliteter, særlig i Finnmark, har fortalt om til tider store mengder skottelus på rognkjeks og at dette har ført til dødelighet. Noen av de ikke-medikamentelle metodene hevdes å være skånsom for rognkjeks, men det finnes lite dokumentasjonen av velferdseffekter av ikke-medikamentell avlusing av rensefisk. Foreløpig er det også et alternativ å i stedet behandle mot skottelus via fôret eller ved kjemisk badebehandling siden det foreløpig ikke har vært den samme resistensutviklingen for skottelus. Å fiske ut rensefisken fra merden, før laksen skal trenges og gjennomgå avlusing, er krevende. Noen mekaniske systemer har derfor inkludert avsilere for å sortere ut rensefisken, men det er lite dokumentasjon på hvor godt disse virker i praksis og hvor stressende dette er for fisken. Selv om noen oppdrettere forteller at de lykkes godt med utfiskingen anser vi det som sannsynlig at mye av rensefisken i praksis gjennomgår avlusing sammen med laksen. Rognkjeks er ansett som en relativt hardfør fisk, men leppefisk er betydelig mer sårbar. Samtidig kan det være lettere å utsortere den lille smale leppefisken før den går inn i avlusingssystemet enn den mer tykke rognkjeksen.

7.4 Fiskeernæring og velferd

For at fisk i oppdrett skal ha god velferd må de ha tilgang til næringsrik og sunn mat som tilfredsstiller deres fysiologiske behov gjennom hele produksjonen. Dette betyr at de må få mat av en størrelse den kan spise, riktig sammensetning av næringsstoffer, og i tilstrekkelige mengder og riktig fordeling til at all fisk i oppdrettsmerden får tilgang til mat. Tidligere ble fôret i hovedsak produsert av marine råvarer og bestod essensielt av det samme som oppdrettsfisken spiser i vill tilstand. Det siste tiåret har det imidlertid på grunn av råvaremangel vært en overgang til mer bruk av planteproteiner og –oljer (Aas mfl. 2019). Nye råvarer har annen sammensetning av næringsstoffer enn de marine råvarene, både i mengde og kjemisk form. Det er derfor viktig at behovet for de enkelte næringsstoffer oppfylles gjennom riktig sammensetning av råstoff og eventuelle tilsetninger av spesielle næringsstoff som det lett kan blir for lite av ved bruk av planter eller andre fôrråstoff (www.arraina.eu). Planteråstoff har også andre risiki enn marine ressurser med tanke på uønskete stoffer, for eksempel plantevernmidler, soppgifter og naturlige antinæringsstoff som kan gjøre enkelte næringsstoff lite tilgjengelig (Glencross mfl. 2020). Rent historisk har de fleste store endringer i fôrmidler til oppdrettsfisk medført uønskete innslag av velferdslidelser som beindeformiteter, katarakt og redusert motstand mot stress og infeksjøs sykdommer (Waagbø 2008). Dette er ofte knyttet opp mot interaksjoner mellom ernæring og miljøbetingelser i et intensivt oppdrett. Ved bruk av planteråstoff har man sett økte innslag av beindeformiteter og endret motstand mot stress

og infeksjøs sykdommer (Waagbø 2006; 2008; Bæverfjord mfl. 2019). Dette har vært knyttet opp mot redusert mengde og tilgjengelighet av fosfor og andre mineraler, samt endret balanse av essensielle fettsyrer med relativt mer omega-6 fettsyrer og mindre omega-3 fettsyrer i fôret. Det er usikkert hvor stor betydning de reelle endringene i uønskete stoffer har å si for fiskens velferd. Her vil store variasjoner i innhold kunne øke usikkerheten.

Perioder med sulting forekommer i løpet av produksjonen for å ivareta fiskens velferd under ulike håndtering, vaksinasjon, behandlinger og transport. Dette er knyttet til utfordringer med vannkvalitet under transport og fiskens respons til fysisk stress. For eksempel skal sulting før transport og slakt ivareta vannkvaliteten under lukket transport (mindre ammoniumutskilling, oksygenforbruk, akkumulert karbondioksid), øke fiskens kapasitet for å håndtere trenging og stress, og ivareta hygieniske forhold med tom tarm ved slakt.

For lavt innhold og tilgjengelighet av beinmineralet fosfor i fôret fører til beindeformiteter, spesielt hos rasktvoksende laks og triploid laks. Fosfor kan tilsettes fôret, men man må samtidig ha kontroll over de lokale miljøeffektene som gir seg utslag i eutrofiering av høyt fosfor i fôret. Mange mineraler har etter Matloven og Forskrift om fôrvarer en øvre grenseverdi satt av nasjonale og internasjonale myndigheter (Mattilsynet og EFSA). For mineralet sink ble denne grenseverdien nylig redusert fra 200 til 180 mg/kg for laksefisk, hovedsakelig med bakgrunn i miljøhensyn. Nyere forskning har på den annen side vist et økt behov for sink opp mot grenseverdien i stor laks gitt plantebaserte fôr i sjøvann. Dette illustrerer et dilemma mellom å dekke fiskens behov for sink og samtidig beskytte det lokale miljøet mot unødig utslipp. En ideell mer bærekraftig løsning ligger i å gjøre fôrets og fôringrediensenes naturlige innhold av sink mer tilgjengelig eller benytte mer tilgjengelige former for sink i fôret. Et studium med økende mengder av mineralet mangan, tilsatt i uorganisk eller organisk form til plantebaserte fôr viste at organisk mangan hadde dobbelt så god tilgjengelighet som uorganisk mangan (Prabhu mfl. 2019). Med tanke på fôrmengdene som benyttes i norsk lakseoppdrett per år (ca 1,8 millioner tonn) og gjennomsnittlig innhold av mangan i norske fôr (47 mg/kg; Sele mfl. 2019), er potensialet en reduksjon i utslipp i norske fjorder fra ca. 80 til 32 tonn per år. Unødig høye nivå av mineraler i fôret har potensielt velferdsmessige utfordringer knyttet til interaksjoner på opptak og status med andre mineraler hos fisken, noe som kan føre til suboptimal ernæringsstatus.

Mangel på aminosyren histidin er satt i sammenheng med utvikling av katarakt (grå stær) hos oppdrettslaks (Waagbø og Remø 2020). Dette er knyttet opp til lave nivå av en histidinforbindelse (NAH) i laksens linse. I praktisk oppdrett vil laksesmolt gitt kommersielle fôr uten tilsetning av histidin ha økt risiko for utvikling av katarakt når temperaturen stiger, selv om behovet for vekst er dekket (Remø mfl. 2014). Regnbueørret gitt samme fôr er ikke tilsvarende sensitiv, mens triploid laks er mer sensitiv enn vanlig laks (Sambras mfl. 2018). Det er vist at stor laks i sitt andre år i sjø også utvikler katarakt når temperaturen stiger dersom de ikke får tilskudd av histidin i fôret. Med alvorlig kataraktutvikling reduseres fôrintaket og man risikerer sekundære lidelser og sykdommer. Ettersom tilsetning av histidin fordyrer fôret, blir det en avveining for oppdretter om når og hvor lenge man bør gi histidinrikt fôr for å redusere kataraktutviklingen.

For å ha kunnskap om trygge øvre grenser av uønskede stoffer i dagens og fremtidens fiskefôr blir uønskede stoffer som kan påvirke fiskehelse og mattrygghet overvåket og studert. Nyere fokus har vært på pesticider og mykotoksiner fra planteråvarer som har blitt produsert og lagret under ugunstige forhold. Stoffene blir undersøkt både med tanke på direkte negative helseeffekter og samspillseffekter med andre

gifter eller næringsstoff. Overvåkingen av fiskefôr i 2018 som Havforskningsinstituttet gjør for Mattilsynet viste ingen overskridelser av øvre grenseverdier for uønskete stoffer i fôr eller fôrmidler, verken for organiske eller uorganiske (Sele mfl. 2019). Noen av de undersøkte mykotoksinene har imidlertid ikke etablerte grenseverdier ennå. Risikoen for uønskete hendelser med kontaminanter og giftstoffer i fôr og fôrmidler ansees i dag som liten. Et økende innslag at soppgifter i fôr til landdyr kan endre denne statusen i fremtiden.

7.4.1 Ernæring hos rensefisk

Av rensefiskene våre er det kun de artene det drives oppdrett av, rognkjeks og berggylt, hvor det forskes på hvilke ernæringskrav som oppfyller god velferd. Rognkjeks og leppefisk har behov for en annen sammensetning av fôret enn laks, og for disse finnes det egne kommersielle spesialfôr. Det er betydelig forskningsaktivitet for å optimalisere sammensetningen av fôret mot bedre velferd for rensefisk, tilpasset deres anatomi, fysiologi og helse.

Oppdrett av berggylt startet før rognkjeks derfor har en mer kunnskap om denne arten. Anatomi og fysiologi er svært ulik hos disse artene, og det er dermed vurdert at de har ulike ernæringsbehov. Rognkjeks gyter store egg som gir godt utviklede larver. Disse er store nok til å startfôres på formulert fôr. Den har god appetitt og vokser raskt. Den gode appetitten gjør at den kan være utfordrerne å få den til å kun spise sitt fôr i laksemerden. Berggylten gyter små egg som gir små (4 mm) larver, disse trenger levendefôr i oppimot 2 mnd. Denne arten er vanskelig å få til å spise, så smakelighet på fôret et svært viktig. Dette gjør fôret svært dyrt og gir begrensinger med tanke på sammensetning.

Berggylt er en saktevoksende art (Dipper mfl. 1977) som i naturen beiter på gastropoder, dekapoder, echinodermer, bivalver og lignende (Figueiredo mfl. 2005). Den har velutviklede tenner i forkjeven, som gjør den velegnet til å skrape byttet av overflater. Deretter følger kraftige svelgbeinsplater med tenner for å knuse byttet før det svelges direkte ned i tarmen, da denne arten mangler mage. Tarmen er kraftig og veldig kort, kun 2/3 av fiskens totale lengde (Le mfl. 2019b). Selv om tarmen er kort fordøyes formulerte pellets av høy kvalitet godt, 74 % av protein og 50 % av fett er absorbert i første ¼ av tarmen etter 4 timer. Innen fôret et passert gjennom tarmen etter 10 til 14 timer er henholdsvis 90 og 80 % protein og fett absorbert (Le mfl. 2019b). Fremre del av tarmen har en videre diameter enn midt og baktarm, ofte kalt bulbus. Bulbusen har vært referert til som pseudogaster, altså et reservoar for spist mat som kan bearbeides og fordøyes, men uten en ekte mages lave pH og pepsinogen drevne proteinfordøyelse. Det finnes ikke observasjoner som tilsier at bulbusen har en slik funksjon (Le mfl. 2019b, Lie mfl. 2018) Det berggylten har er et intrikat peristaltisk system som aktivt bringer fordøyelige deler av maten tilbake til første del av tarmen for optimal fordøyelse, mens ikke-fordøyelige komponenter evakueres raskere (Le mfl. 2019a). Med bakgrunn i kunnskap om adferd, fordøyelsessystemets fysiologi og anatomi er det anbefalt å fôre berggylten hyppig i alle livsstadier.

Vi vet lite om ernæringskrav til berggylt under larvestadiene. Praksis har vært å tilby anrikete rotatorier fram til 30 etter klekking dek, for deretter å tilby *Artemia* med noen dagers overlapp med rotatorier. Larvene tilvennes så et formulert fôr etter 50 dager ette klekking eller senere. Tidligere har en tilvendt larvene tørrfôr rett etter rotatoriefôring (Hansen mfl. 2013), men denne praksisen har en gått bort fra, da en periode med *Artemia* ser ut til å redusere deformiteter. Det har vært spekulert i om levendefôr var bedre for larvene da fôrdyrets egne fordøyelsesenzymer kunne bidra til å tilgjengelig gjøre næringsstoffer fra seg selv. Denne hypotesen er imidlertid forkastet. Det er derfor næringssammensetningen i fôrdyret

som er overlegen det formulerte fôret (Hansen mfl. 2013). Grunnen til at formulert fôr har utilstrekkelig næringssammensetning er at overflate til volum ratio i så små partikler gjør at vannløselige næringsstoffer lekker. Det finnes nå bedre alternativer til rotatorier og Artemia på marked nå. Både nauplier av copepoden *Arcatia tonsa* og av rur har gitt positiv utvikling i vekst, overlevelse og deformiteter hos berggyltlarver (Øie mfl. 2015) (pers com Espen Grøtan ved MOWI). Dette er et felt det jobbes med. Det er utfordrende å få denne arten over på formulert fôr. Så langt er det nødvendig med rekemel i fôret for å få larvene til å vise interesse (Kousoulaki mfl. 2015). Så vidt vi vet i dag handler dette om smakelighet og ikke ernæringskrav.

Også større fisk trenger rekemel i fôret for å vise interesse. Det er generelt et problem med å opprettholde appetitten hos denne arten. Dette er et komplekst felt der en fortsatt har mye upløyd mark. Vi vet at evolusjonært tap av mage i denne arten har ført til tap av enkelte appetitt stimulerende gener. Dette har sannsynligvis ført til at andre stimuli, som lukt/smak er desto viktigere for appetitt (Lie mfl. 2018).

Berggyltens behov for protein er ca. 65 %, for lipid ca. 12 %, og den tåler karbohydratinnhold på 16 % av fôret (Hamre mfl. 2013). Behov for vitaminer og mineraler samt sammensetning av lipider undersøkes i det pågående prosjektet CleanFeed. Vi har også pågående forskning på bedre fôr til stamfisk.

Utfordringen i merd er å kunne presentere et smakelig fôr til fisken i skjulet. Her har det heldigvis kommet løsninger med fôrblokker som fisken liker å spise av, samtidig som disse fôrblokkene er utilgjengelig for laksen. De representerer derfor en mulighet for selektiv medisinerings av leppefisk uten at laksen får i seg dette fôret.

Rognkjeks er en forholdsvis hurtigvoksende art. En årsak til den raske veksten er nok det lave tørrstoffinnholdet i fisken, hvor hele $87,1 \pm 0,2$ % av juvenil fisk er vann (Sæle mfl. upubliserte data). Dette er en strategi den har for å erstatte svømmeblæren (Davenport og Kjørsvik 1986). Den legger store egg som gir forholdsvis velutviklede larver (Brooker mfl. 2018). Disse kan startfôres med tørrfôr, men vanlig praksis i dag er å starte med Artemia de 20 til 30 første dagene etter klekking før tilvenning med tørrfôr. Dette er en art som er enkel å få til å spise. Når de når en vekt på 1,5 til 2,0 g har de en funksjonell mage og den utvikler et fordøyelsessystem med mage, pylorussekker og en lang tarm.

Rognkjeksens behov for makronæringsstoffer, vitaminer og mineraler undersøkes i det pågående prosjektet CleanFeed. Her legger vi fiskens helse til grunn for anbefalte næringsnivå. Preliminære undersøkelser tilsier at denne arten ikke skal ha like energitett fôr som det laks får. Erfaring tilsier at den er meget opportunistisk og vil ta til seg den føden som er lettest tilgjengelig. Den vil derfor like gjerne spise laksefôr som et spesialtilpasset fôr, om pelletstørrelsen tillater det. Dette er ikke bare uheldig for fiskens helse, men også for fiskens funksjon som rensefisk. Det ser ut som om rognkjeks beiter mindre på lus når den kan spise laksefôr. For best mulig velferd for fisken, er det anbefalt å fôre fisken med tilpasset fôr i eller ved skjul. Praksis der man bruker samme utfôringspunkt som til laks kan derfor være stressende for rognkjeks, spesielt i lokaliteter med mye strøm.

7.10 Referanser

- Aas, Ø, Einum, S., Klemetsen, A, Skurdal, J. 2010 Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing DOI:10.1002/9781444327755
- Aas TS, Ytrestøl T, Åsgård T 2019. Utilisation of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture* 15, 100216, 1-10.
- Brooker AJ, 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. *Vet Rec* 183, 383.
- Bæverfjord G, Antony JPP, Fjelldal PG, Albrektsen S, Hatlen B, Denstadli V, Ytteborg E, Takle H, Lock E, Berntssen MH, Lundebye A, Åsgård T, Waagbø R 2019. Mineral nutrition and bone health in salmonids. *Rev Aquacult.* 11, 740-765.
- Davenport J, Kjørsvik E 1986. Buoyancy in the lumpsucker *Cyclopterus lumpus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 66, 159–174.
- Dempster T, Korsøen Ø, Folkedal O, Juell J-E, Oppedal F 2009. Submergence of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in commercial scale sea-cages: A potential short-term solution to poor surface conditions. *Aquaculture* 288, 254-263.
- Dipper FA, Bridges CR, Menz A 1977. Age, growth and feeding in the ballan wrasse *Labrus bergylta* Ascanius 1767. *Journal of Fish Biology*.
- Erikson U, Solvang T, Schei M, Ag S, Strand A, Aalberg K 2019. Hydrolicer - Utredning av system, stress og velferd ved avlusing. SINTEF, rapport nr 2018:01081
- Frank K, Gansel LC, Lien AM, Birkevold J 2015. Effects of a Shielding Skirt for Prevention of Sea Lice on the Flow Past Stocked Salmon Fish Cages. *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering* 137, 011201.
- Figueiredo M, Morato T, Barreiros JP, Afonso P, Santos RS 2005. Feeding ecology of the white seabream, *Diplodus sargus*, and the ballan wrasse, *Labrus bergylta*, in the Azores. *Fisheries Research* 75, 107–119.
- Geitung L, Oppedal F, Stien LH, Dempster T, Karlsbakk E, Nola V, Wright DW 2019. Snorkel sea-cage technology decreases salmon louse infestation by 75% in a full-cycle commercial test. *International Journal for Parasitology* 49, 843-846.
- Glaropoulos A, Stien LH, Folkedal O, Dempster T, Oppedal F 2019. Welfare, behaviour and feasibility of farming Atlantic salmon in submerged cages with weekly surface access to refill their swim bladders. *Aquaculture* 502, 332-337.
- Glencross BD, Baily J, Berntssen MHG., Hardy R, MacKenzie S, Tocher DR 2020. Risk assessment of the use of alternative animal and plant raw material resources in aquaculture feeds. *Reviews in Aquaculture*, 12, 703–758.
- Grøntvedt RN, Nerbøvik I-KG, Viljugrein H, Lillehaug A, Nilsen H, Gjerve A-G. 2015. Termisk avlusing av laksefisk – dokumentasjon av fiskevelferd og effekt, In: Veterinærinstituttets rapportserie nr. 13/2015. Veterinærinstituttet, Oslo.
- Grøntvedt RN, Kristoffersen AB, Jansen PA 2018. Reduced exposure of farmed salmon to salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis* L.) infestation by use of plankton nets: Estimating the shielding effect. *Aquaculture* 495, 865-872.
- Hamre K, Nordgreen A, Grotan E, Breck O 2013. A holistic approach to development of diets for Ballan wrasse (*Labrus bergylta*) - a new species in aquaculture. *PeerJ* 1, e99.

- Hansen TW, Folkvord A, Grotan E, Sæle Ø 2013. Genetic ontogeny of pancreatic enzymes in *Labrus bergylta* larvae and the effect of feed type on enzyme activities and gene expression. Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology 164, 176–184.
- Hjeltnes B, Bang Jensen B, Bornø G, Haukaas A, Walde C S (red) 2019. Fiskehelserapporten 2018, utgitt av Veterinærinstituttet 2019
- Holan AB, Roth B, Breiland MSW, Kolarevic J, Hansen ØJ, Iversen A, Hermansen Ø, Gjerde B, Hatlen G, Mortensen A, Lein I, Johansen L-H, Noble C, Gismervik K, Espmark AM 2017. Beste praksis for medikamentfrie metoder for lakseluskontroll (MEDFRI). Nofima, Rapport 10/2017
- Hvas M, Oppedal F 2017. Sustained swimming capacity of Atlantic salmon. Aquaculture Environment Interactions 9, 361-369. <https://doi.org/10.3354/aei00239>
- Hvas M, Folkedal O, Imsland A, Oppedal F 2018. Metabolic rates, swimming capabilities, thermal niche and stress response of the lumpfish, *Cyclopterus lumpus*. Biology open 7, bio036079
- Imsland, AK., Reynolds P, Eliassen G, Hangstad TA, Foss A, Vikingstad E, Elvegård TA 2014. The use of lumpfish (*Cyclopteruslumpus* L.) to control sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* Krøyer) infestations in intensively farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 425-426,18–23.
- Jónsdóttir KE, Hvas M, Alfredsen JA, Føre M, Alver MO, Bjelland HV, Oppedal F 2019. Fish welfare based classification method of ocean current speeds at aquaculture sites. Aquaculture Environment Interactions 11, 249-261.
- Kjøglum S, Mommens M, Santi N, Hultgren H 2016. Milepælsrapport – Storskal produksjon av triploid laks under kommersielle forhold. Aquagen AS.
- Korsøen ØJ, Fosseidengen JE, Kristiansen TS, Oppedal F, Bui S, Dempster T 2012. Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a submerged sea-cage adapt rapidly to re-fill their swim bladders in an underwater air filled dome. Aquacultural Engineering 51, 1-6.
- Kousoulaki K, Bøgevik AS, Skiftesvik AB, Jensen PA, Opstad I 2015. Marine raw material choice, quality and weaning performance of Ballan wrasse (*Labrus bergylta*) larvae. Aquaculture Nutrition 21, 644–654.
- Le HTMD, Lie KK, Etayo A, Rønnestad I, Sæle Ø 2019a. Nutrient sensing; transcriptomic response and regulation of gut motility in an agastric vertebrate. Biorxiv 827659.
- Le HTMD, Shao X, Krogdahl Å, Kortner TM, Lein I, Kousoulaki K, Lie KK, Sæle Ø 2019b. Intestinal Function of the Stomachless Fish, Ballan Wrasse (*Labrus bergylta*). Frontiers Mar Sci 6, 140.
- Lie KK, Tørresen OK, Solbakken MH, Rønnestad I, Tooming-Klunderud, A., Nederbragt, A.J., Jentoft, S., Sæle, Ø., 2018. Loss of stomach, loss of appetite? Sequencing of the ballan wrasse (*Labrus bergylta*) genome and intestinal transcriptomic profiling illuminate the evolution of loss of stomach function in fish. BMC Genomics 19, 186.
- Lien AM, Volent Z, Jensen Ø, Lader P, Sunde LM 2014. Shielding skirt for prevention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in cages – A scaled model experimental study on net and skirt deformation, total mooring load, and currents. Aquacultural Engineering 58, 1-10.
- Nilsen A, Nielsen KV, Biering E, Bergheim A 2017. Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. Aquaculture 466, 41-50.
- Nilsen A, 2019. Production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in closed confinement systems (CCS) - salmon lice, growth rates, mortality and fish welfare. PhD thesis, Department of Food Safety and Infection Biology, Norwegian University of Life Sciences.
- Nilsen A, Nielsen KV, Biering E, Bergheim A 2017. Effective protection against sea lice during the production of Atlantic salmon in floating enclosures. Aquaculture 466, 41–50.

- Nilsson J, Moltumyr L, Madaro A, Kristiansen TS, Gåsnes SK, Mejdell CM, Gismervik K, Stien LH 2019. Sudden exposure to warm water causes instant behavioural responses indicative of nociception or pain in Atlantic salmon. *Veterinary and Animal Science* 8, 100076.
- Noble C, Nilsson J, Stien LH, Iversen MH, Kolarevic J, Gismervik K 2018. Velferdsindikatorer for oppdrettslaks: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd. 328pp. ISBN 978-82-8296-531-6.
- Noble C, Gismervik K, Iversen MH, Kolarevic J, Nilsson J, Stien LH, Turnbull JF 2020. Velferdsindikatorer for regnbueørret i oppdrett: Hvordan vurdere og dokumentere fiskevelferd 309 pp. ISBN 978-82-8296-620-7
- Oppedal F, Dempster T, Stien LH 2011. Environmental drivers of Atlantic salmon behaviour in sea-cages: a review. *Aquaculture* 311, 1-18.
- Oppedal F, Samsing F, Dempster T, Wright DW, Bui S, Stien LH 2017. Sea lice infestation levels decrease with deeper 'snorkel' barriers in Atlantic salmon sea-cages. *Pest Management Science* 73, 1935-1943.
- Oppedal F, Bui S, Stien LH, Overton K, Dempster T 2019. Snorkel technology to reduce sea lice infestations: efficacy depends on salinity at the farm site, but snorkels have minimal effects on salmon production and welfare. *Aquaculture Environment Interactions* 11, 445-457.
- Oppedal F, Folkedal O, Stien LH, Vågseth T, Fosse JO, Dempster T, Warren-Myers F 2020. Atlantic salmon cope in submerged cages when given access to an air dome that enables fish to maintain neutral buoyancy. *Aquaculture* 525, 735286.
- Overton K, Dempster T, Oppedal F, Kristiansen TS, Gismervik K, Stien LH 2018. Salmon lice treatments and salmon mortality in Norwegian aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 1–20.
- Poppe TT, Dalum AS, Røislien E, Nordgreen J, Helgesen KO 2018. Termisk behandling av laks. *Norsk veterinærtidsskrift* 3, 148–156.
- Powell A, Treasurer JW, Pooley CL, Keay AJ, Lloyd R, Imsland AK, Garcia de Leaniz C 2017. Use of lumpfish for sea-lice control in salmon farming: challenges and opportunities. *Reviews in Aquaculture* 10, 683-702.
- Prabhu PAJ, Silva MS, Kröeckel S, Holme M-H, Ørnsrud R, Amlund H, Lock E-J, Waagbø R 2019. Effect of levels and sources of dietary manganese on growth and mineral composition of post-smolt Atlantic salmon fed low fish meal, plant-based ingredients diets. *Aquaculture* 512, 734287, 1-9.
- Remen M, Solstorm F, Bui S, Klebert P, Vågset T, Solstorm D, Hvas M, Oppedal F 2016. Critical swimming speed in groups of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions* 8, 659-664.
- Remø SC, Hevrøy EM, Olsvik PA, Fontanillas R, Breck O, Waagbø R 2014. Dietary histidine requirement to reduce the risk and severity of cataracts is higher than the requirement for growth in Atlantic salmon smolt, independently of the dietary lipid source. *Brit. J. Nutr.*, 111, 1759-1772.
- Roth B 2016. Avlusing av laksefisk med Optilice: Effekt på avlusing og fiskevelferd. Nofima, Inc., Tromsø, Norway.
- Sambras F, Remen M, Olsen RE, Hansen TJ, Waagbø R., Torgersen T., Lock E-J, Imsland A, Fraser TWK, & Fjelldal PG (2018) Changes in water temperature and oxygen: the effect of triploidy on performance and metabolism in large farmed Atlantic salmon. *Aquacult Environ Interact* 10,157-172.
- Samsing F, Johnsen I, Stien LH, Oppedal F, Albretsen J, Asplin L, Dempster T 2016. Predicting the effectiveness of depth-based technologies to prevent salmon lice infection using a dispersal model. *Preventive Veterinary Medicine* 129, 48-57
- Sele V, Sanden M, Berntssen MHG, Storesund J, Lie KK, Espe M, Lundebye A-K, Hemre G-I, Waagbø R, Ørnsrud R 2019. *Program for overvåking av fiskefôr – Årsrapport for prøver innsamlet i 2018.*

- Mattilsynets overvåkningsprogram. Rapport fra Havforskningen 30-2019, ISSN 1893-4536 (online), 56 pp.
- Sigholdt F, Finstad B, Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Smolts. *Aquaculture* 84, 167-172.
- Solberg MF, Skaala Ø, Nilsen F, Glover KA 2013. Does Domestication Cause Changes in Growth Reaction Norms? A Study of Farmed, Wild and Hybrid Atlantic Salmon Families Exposed to Environmental Stress. *PLoS ONE* 8(1): e54469.
- Sommerset I, Walde CS, Bang Jensen B, Bornø B, Haukaas A, Brun E 2020. Fiskehelserapporten 2019, utgitt av Veterinærinstituttet 2020.
- Stien LH, Nilsson J, Hevrøy EM, Oppedal F, Kristiansen TS, Lien AM, Folkedal O 2012. Skirt around a salmon sea cage to reduce infestation of salmon lice resulted in low oxygen levels. *Aquacultural Engineering* 51, 21-25.
- Stien LH, Dempster T, Bui S, Glaropoulou A, Fosseidengen JE, Wright DW, Oppedal F 2016. 'Snorkel' sea lice barrier technology reduces sea lice loads on harvest-sized Atlantic salmon with minimal welfare impacts. *Aquaculture* 458, 29-37.
- Stien LH, Lind MB, Oppedal F, Wright DW, Seternes T 2018. Skirts on salmon production cages reduced salmon lice infestations without affecting fish welfare. *Aquaculture* 490, 281-287.
- Stien LH, Størkersen KV, Gåsnes SK, 2020. Analyse av dødelighetsdata fra spørreundersøkelse om velferd hos rensefisk. Rapport fra Havforskningen NR. 2020-6.
- Stien LH, Sæther PA, Kristiansen TS, Fjelldal PG og Sambraus F. 2019. Første samlerapport: Velferd for triploid laks i Nord-Norge — Fra utsett til slakt, utsett 2014-2017. Rapport fra Havforskningen 2019-47 ISSN:1893-4536
- Tørud, B, Bang Jensen B, Gåsnes S, Grønbech S, Gismervik K. m.fl. 2019: Dyrevelferd i settefiskproduksjonen – SMÅFISKVEL. VI Rapport 14-2019
<https://www.dyreverv.no/app/uploads/2019/12/Smafiskvel-ENDELIG-rapport-2019.pdf>
- Waagbø R 2006. Chap 13 Feeding and disease resistance in fish, In Mosenthin, R., Zentek, J. & Zebrowska, T. (eds.) *Biology of growing animal*: Elsevier Limited, pp. 387-415.
- Waagbø R 2008. Reducing production related diseases in farmed fish. In: Lie, Ø. (ed.) *Improving farmed fish quality and safety*: VS Woodhead Publishing, pp. 363-398.
- Waagbø R, Remø SC 2020. Chap 7. Functional diets in fish health management. In *Aquaculture Health Management* (edited by Fred Kibenge and Mark Powell), Elsevier (in press)
- Yuen JW, Dempster T, Oppedal F, Hvas M 2019. Physiological performance of ballan wrasse (*Labrus bergylta*) at different temperatures and its implication for cleaner fish usage in salmon aquaculture. *Biological Control* 135, 117-123.
- Øie G, Galloway T, Sørøy, M., Hansen, M.H., Norheim, I.A., Halseth, C.K., Almli, M., Berg, M., Gagnat, M.R., Wold, P.-A., Attramadal, K., Hagemann, A., Evjemo, J.O., Kjørsvik, E., 2015. Effect of cultivated copepods (*Acartia tonsa*) in first-feeding of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and ballan wrasse (*Labrus bergylta*) larvae. *Aquacult Nutr* 23, 3–17.