



FAGLEG SLUTTRAPPORT - SPIRONUCLEUS SALMONICIDA INFEKSJONER OG SPIRONUCLEOSE I NORSK AKVAKULTUR: SMITTEVEIER, VERTSSPEKTER OG FOREBYGGING

SpiroFri - FHF 901831

Tittel (norsk og engelsk):

Fagleg sluttrapport - Spironucleus salmonicida infeksjoner og spironucleose i norsk akvakultur: smitteveier, vertsspekter og forebygging

Final scientific report — Spironucleus salmonicida infections and spironucleosis in Norwegian aquaculture: transmission routes, host range and prevention

Undertittel (norsk og engelsk):

SpiroFri - FHF 901831

SpiroFri - FHF 901831

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen

ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2026-4

Dato:

22.01.2026

Forfatter(e):

Bjørn Olav Kvamme (HI), Carlo Lazado, Lill-Heidi Johansen, Haakon Hansen, Erik Sterud, Staffan Svärd, Anne Tjessem, Ragna Heggebø, Ingebjørg Sævareid og Egil Karlsbakk (HI)

Forskningsgruppeleder(e): Monica F. Solberg (Smittespredning og sykdom)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger

Programleder(e): Mari Skuggedal Myksvoll

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15954

Oppdragsgiver(e):

FHF

Oppdragsgivers referanse:

901831

Program:

Miljøeffekter av akvakultur

Forskningsgruppe(r):

Smittespredning og sykdom

Antall sider:

25

Samarbeid med

Grieg Seafood ASA, Uppsala Universitet, Pure Salmon Kaldnes



Sammendrag (norsk):

SpiroFri-prosjektet vart etablert i 2023 etter fleire utbrot av systemisk spironucleose hos oppdrettslaks i Nord-Noreg årsaka av parasitten *Spironucleus salmonicida*.

Målet med prosjektet har vore å styrkje kunnskapen om smittevegar, vertsspekter og overleving, og å sjå på biosikkerheit og førebygging i norsk akvakultur. Prosjektet har kombinert litteratur- og erfaringsgjennomgang, feltundersøkingar, laboratorieforsøk, smitteforsøk, og forsøk i RAS-system.

Den systematiske kunnskapsoppsummeringa vil være ei sentral kjelde til kunnskap om *S. salmonicida* for næring, forvaltning og forskning framover. Prosjektet har vist at parasitten overlever best ved låge temperaturar og rundt 10 ‰. Nye spesifikke qPCR-metodar for fleire *Spironucleus*-artar er utvikla, og vil gi meir treffsikker diagnostikk og betre grunnlag for overvaking. Parasitten er og påvist i villfisk frå nye lokalitetar.

Forsøk med UV-desinfeksjon viser at medium pressure UV-lamper er klart meir effektive mot *S. salmonicida* enn low pressure-lamper. Resultata viser at dagens krav til UV-behandling er for låge for behandling mot *S. salmonicida*. Ett smitteforsøk viste at parasitten ikkje etablerte seg i RAS-system.

Smitteforsøka dokumenterer at laks utviklar sjukdom. Aure og røyr kan fungere som smitteberarar, men utan at dei utviklar alvorleg sjukdom. Rognkjeks er derimot sårbar, med rask sjukdomsutvikling og høg dødelegheit, og vert vurdert som ueigna i anlegg der laksen kan ha spironukleose.

Samla gir prosjektet eit styrkt grunnlag for risikovurdering, biosikkerheitstiltak og vidare forvaltnings- og forskingsarbeid knytt til spironucleose i norsk oppdrett.

Sammendrag (engelsk):

The SpiroFri-project was established in 2023 following several outbreaks of systemic spironucleosis in farmed Atlantic salmon in northern Norway caused by the parasite *Spironucleus salmonicida*.

The project aimed to improve understanding of transmission pathways, host range and survival of the parasite, and to assess biosecurity and preventive measures in Norwegian aquaculture. Work has combined literature and experience reviews, field investigations, laboratory studies, infection trials and experiments in RAS systems.

A literature review conducted within the project represent a key reference on *S. salmonicida* for industry, regulators and researchers. The project has shown that the parasite survives best at lower temperatures and around 10 ‰ salinity. New species-specific qPCR assays for several *Spironucleus* spp. have been developed, enabling more robust diagnostics and improved surveillance. The parasite has also been detected in wild fish at new locations.

UV disinfection trials show that medium-pressure UV lamps are clearly more effective against *S. salmonicida* than low-pressure lamps. The results indicate that current regulatory requirements for UV treatment are too low for effective control of *S. salmonicida*. The parasite did not establish in RAS systems.

Challenge experiments demonstrate that Atlantic salmon develop clinical disease, whereas sea trout and Arctic charr may be infected and act as carriers without developing disease. Lumpfish are highly susceptible, with rapid disease progression and high mortality, and are therefore considered unsuitable to use as cleaner fish in salmon pens if *S. salmonicida* is present.

Overall, the project provides a strengthened basis for risk assessment, biosecurity measures and future management and research related to spironucleosis in Norwegian aquaculture.

Innhold

1	Innleiing	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Prosjektets målsetjing	6
1.3	Prosjektets nytteverdi	6
1.4	Prosjektorganisering	7
2	Resultat	9
2.1	Arbeidspakke 1	9
2.2	Genomsekvensering av <i>Spironucleus salmonicida</i> isolate SS111	14
2.3	Arbeidspakke 2	15
2.4	Arbeidspakke 3	16
3	Hovudfunn	19
4	Framtidige forskingsbehov	20
5	Leveransar	21
6	Referansar	23

1 - Innleiing

1.1 - Bakgrunn

Etter omfattande utbrot av spironucleose i Nord-Norge i 2022 (Sommerset et al., 2024; Sommerset et al., 2023), lyste FHF ut midler til å undersøke smittevegar og desinfeksjonsstrategiar for parasitten *Spironucleus salmonicida*. Prosjektet «**Spironucleus salmonicida** infeksjoner og spironucleose i norsk akvakultur: smitteveier, vertsspekter og forebygging (SpiroFri)» fekk tildelt prosjektmidlar (FHF prosjektnummer 901831). SpiroFri-prosjektet er leia av Havforskningsinstituttet, og er gjennomført i samarbeid med Nofima Tromsø, Veterinærinstituttet, Pure salmon Kaldnes v/ Erik Sterud, Uppsala Universitet v/Staffan Svärd, og Grieg Seafood ASA. Formålet med prosjektet har vore å betre kunnskapen om parasitten *S. salmonicida*, unngå smitte i smoltanlegg, samt avklare smittefare for ville laksefisk i sjø samt rognkjeks brukt som rensefisk i laksemerdar.

Spironucleusartane er små mikroaerofile flagellatar som lever i fordøyingssystemet til dyr. Mange er harmlause, men nokre av desse flagellatane kan vera skadelege parasittar og forårsake sjukdom.

I 1989 vart det for fyrste gong sett systemisk spironukleoseinfeksjon i norsk laks oppdretta i sjø (Mo & Poppe, 1992; Mo et al., 1990). Der har vore fleire tilfelle dei påfølgande åra (Sommerset et al., 2024; Sommerset et al., 2023; Poppe & Mo, 1993; Poppe et al., 1992; Sterud et al., 2025). Utbrota av spironukleose har vore alvorlege med store konsekvensar for affiserte lokalitetar, med destruksjon, høg dødelegheit, redusert produksjon, samt nedklassifisering av fisken (Grieg Seafood ASA, 2023; Mo et al., 1990; Sterud et al., 2002). Utbrotet som starta i 2022 er det hittil største, med estimerte tap for oppdrettar på opp mot ein milliard norske kroner (Grieg Seafood ASA, 2023).

Alle *S. salmonicida* utbrota hos laks har representert fisk frå same kjelde, eit smoltanlegg. Tidligare undersøkingar av lakseparr og smolt i anlegget påviste ikkje parasitten (Jørgensen et al., 2011). Etterkvart vart *S. salmonicida* påvist i ville laksefisk i fleire vatn, vasskjelder til anlegget, med molekylære metodar (Jørgensen et al., 2011). Fiskane, røyr og brunaure, viste ikkje teikn på sjukdom og hadde «normale» tarminfeksjonar. I 2022-utbrotet vart parasitten påvist ved molekylær testing på smolt i enkelte kar i anlegget. Smitten kunne ha kome inn med ferskvatnet frå vasskjeldene med smitta fisk. Bruk av sjøvatn i smoltifiseringsfasen gjor og at smitte frå sjø heller ikkje kunne utelukkast. Det er anadrom laksefisk i fjorden, og sjøaure og sjørøyr kan være bærarar. I dei nyare utbrota av systemisk spironucleose hjå laks har ein undersøkt smitteførekomst ved hjelp av qPCR analyser. Ein har då dokumentert auke i prevalens mellom laksen i merdar, og spreing til fisk i nabomerdar. Derfor synest smitte i sjøvatn mogleg. I samband med utbrotet hos laks i 2022 (Lie et al., 2022) vart parasitten for første gang påvist i rognkjeks brukt som rensefisk i anlegga (Sommerset et al., 2023). Rognkjeksa kan òg utvikle systemiske infeksjonar med *S. salmonicida*. Dette var alarmerande, då vertsspekteret ikkje synest avgrensa til laksefisk slik som ein før har funne.

Det finnst ikkje eigna behandlingar for laks med systemisk spironucleose. Derfor må sjukdomen i sjøfasen førebyggjast ved å unngå smitte av parr og smolt i smoltanlegget.

UV behandling av inntaksvatn til settefiskanlegg er relativt utbreidd i Noreg, og nokre nyttar dette og inne i systema. Naudsynt dose for dreping av nokre få fiskepatogen er kjent (Liltved et al., 2006), men den naudsynte UV-dosen for dreping av *S. salmonicida* har til no ikkje vore kjend. Kjennskap til kva som krevjast ved ein gongs UV-desinfeksjon av inntaksvatn er heller ikkje dekkande for alle situasjonar. For vatn som passerar fleire gonger gjennom UV-kammeret, som i eit RAS-system, kan talet på passeringar være like relevant som UV-dosen som brukast (Summerfelt et al., 2009).

I tillegg til at spironukleose kan årsake alvorlege problem i produksjon av laks, er det og mogleg at parasitten kan gje miljøutfordringar. Dette er meir aktuelt når vertsspekteret no er vist å inkludere marine artar. Eit bekymringsfullt scenario er at pukkellaks smittast og vert bærer av parasitten, og deretter spreier denne ved vandring til andre regionar og elver fjernt frå opphavselva.

1.2 - Prosjektets målsetjing

Målet med prosjektet har vore å få fram kunnskap for førebygging og bekjemping av *Spironucleus salmonicida*, hos laksefisk, men òg reinsefisk og villfisk.

Prosjektet har hatt fleire delmål:

1. Gjennomføre eit litteratur- og erfaringsstudie av eksisterande kunnskap nasjonalt og internasjonalt på *Spironucleus* sp hos fisk med fokus på *S. salmonicida* (AP1)
2. Gjennomføre undersøkingar som kan bidra til auka biosikkerheit mot *S. salmonicida* i settefiskanlegg inkludert RAS. Utarbeide anbefalingar for beste praksis for førebyggjing, overvaking, bekjemping og kontroll (AP2).
3. Gjennomføre undersøkingar om *S. salmonicida* smitte og sjukdom i sjø som kan gi betre kunnskapsgrunnlag for å utvikle konkrete tiltak som kan gje vesentleg reduksjon av biologisk risiko for infeksjon med parasitten (AP1, AP3).

1.3 - Prosjektets nytteverdi

Spironucleus salmonicida har over tid gitt betydelege tap på ramma lokalitetar. Sjukdom i oppdrett kan gje miljøeffektar (villfisk), og auke risikoen for vidare spreiding. Kunnskap om parasittens smittevegar, reservoarar, geografisk utbreiing, overleving i miljøet og i oppdrettssamanheng, samt effektive tiltak er heilt sentralt for å kunne førebyggje og bekjempe parasitten. Resultata frå SpiroFri-prosjektet gir eit betre grunnlag for å førebyggje og handtere parasitt og sjukdom.

Kunnskapssamanstillinga vil framover være ei sentral kjelde til informasjon om parasitten, og grunnlaget for beslutningar i næring, forvaltning og vidare forskning. Prosjektet har dokumentert at *S. salmonicida* verkar å ha avgrensa overleving fritt i vatn, som og funne tidlegare. Dette har stor betyding for risikohandtering av smitte mellom sjølokalitetar. Diagnostikken er styrka gjennom meir spesifikke qPCR-metodar som gjer det mogleg å skilje mellom *Spironucleus*-artane som infiserer laksefisk. Parasittens vevstropisme er undersøkt og dei beste veva for prøvetaking påvist hjå ulike artar. Dette vil betre påvisning i smoltanlegg og villfiskundersøking i framtidige vasskjelder for smoltanlegg.

Forsøk med UV-desinfeksjon har vist at medium pressure UV-lamper effektivt inaktiverer parasitten, og det er gitt konkrete anbefalingar om UV-dosar til bruk i settefiskanlegg. Det er viktig å merke seg at UV-dosen som må brukast for inaktivering av parasitten er betydeleg høgare enn dagens krav til UV-dose. Smitteforsøk i RAS der høge mengder *S. salmonicida* flagellater ble tilført over fleire dagar uten at parasitten i etterkant vart funnen att i systema, tyer på at den ikkje enkelt etablerer seg i RAS.

Aure og røyr er mottakelege for smitte, og kan fungere som smittebærarar, men vert ikkje sjuke. Rognkjeks derimot, er mottakeleg for parasitten og utviklar alvorleg sjukdom. Rognkjeks bør derfor ikkje brukast i anlegg

der laksen kan ha smitte.

Samla gir resultata grunnlag for betre biosikkerheit, målretta overvaking og risikoreduserande tiltak, og dermed betre fiskehelse, eit styrka forvaltningsgrunnlag, samt redusert risiko for oppdrettsnæringa.

1.4 - Prosjektorganisering

Prosjektet har vore organisert i fire arbeidspakkar (AP 1-4). Det vart i tillegg gjennomført arbeid før oppstart av prosjektet for å sikre smittemateriale frå utbrotet i 2022 (arbeidspakke 0 (AP0)). Alle partnarane har delteke i arbeidspakke 1, Nofima har hatt ansvaret for arbeidspakke 2, Havforskningsinstituttet har hatt ansvaret for arbeidspakke 3 og 4. Mot slutten av arbeidet vart Uppsala Universitet med Staffan Svärd inkludert for å genomsekvensere nye isolat av *S. salmonicida*. Dette er lagt under AP1. Prosjektet har vore leia av Havforskningsinstituttet.

Arbeidspakkar

AP0 – Forarbeid AP1-3

AP1 – Kunnskapsoppsummering

Kunnskapsoppsummering

Kvalitative studier av *Spironucleus salmonicida* i villfisk i sjø- og ferskvatn

Vassprøvar og miljø-DNA

Overleving i miljøet

Genomsekvensering av nye isolater (kome til undervegs i prosjektet).

AP2 – Biosikkerheit i settefiskanlegg

Effekten av ulike desinfeksjonsstrategier på *S. salmonicida*

Infeksjon i RAS

S. salmonicida si evne til å overleve på ulike overflater

AP3 – Transmisjon/Verter

Smittemodell

Smitte av sjøaure og laks ved kohabitering med laks

Smitte av sjørøyr og laks ved kohabitering med laks

Badsmitte av rognkjeks med *S. salmonicida*

AP4 – Administrasjon

Prosjektgruppe

Egil Karlsbakk (fagleg prosjektleiar), Havforskningsinstituttet

Bjørn-Olav Kvamme (administrativ prosjektleiar), Havforskningsinstituttet

Haakon Hansen Veterinærinstituttet i Oslo

Erik Sterud, Pure Salmon Kaldnes

Lill Heidi Johansen, NOFIMA

Carlo Lazado, NOFIMA

Ragna Heggebø, Grieg Seafood ASA

Anne Tjessem, Grieg Seafood Finnmark AS

Ingebjørg Sævereid, Grieg Seafood ASA

Staffan Svärd, Uppsala Universitet

Referansegruppe

Staffan Svärd, Uppsala Universitet

Knut Børsheim, AkvaHelse

Hege Skjåvik, Lerøy Aurora avd. Laksefjord

2 - Resultat

Resultat er publisert undervegs i prosjektet som rapportar frå prosjektdeltakarane. Denne faglege sluttrapporten er derfor ei kortfatta samanstilling av resultat frå prosjektet. For utdjupande informasjon henvisast lesaren til dei enkelte rapportar og masteroppgåver der gjennomføring, resultater og diskusjonar er gitt i detalj.

2.1 - Arbeidspakke 1

Kunnskapsstatus

Som del av Arbeidspakke 1 er kunnskap om *Spironucleus*-infeksjonar og spironucleose hos laksfiskene oppsummert (Karlsbakk, Tjessem, mfl. 2025). Rapporten samanstiller all kjent kunnskap om *Spironucleus*-artar hos laksefisk, med eit hovedefokus på *S. salmonicida*. Rapporten vil være utgangspunkt for ein fagfellelevurdert oppsummeringsartikkel i eit internasjonalt vitenskapleg tidsskrift.

Rapportens samandrag:

Norske laksefisk kan være infisert med tre arter diplomonade flagellater som høyrer til slekten *Spironucleus*. Alle artene forekommer i tarmen på de naturlige vertene, men en art, *Spironucleus salmonicida* kan invadere blodkarsystemet, og kan da forårsake sykdommen systemisk spironucleose. Denne rapporten oppsummerer kunnskapen vår om laksefiskenes *Spironucleus* arter, med hovedefokus på *S. salmonicida*.

Spironucleus salmonicida tåler ikke temperaturer over ca. 15°C, og synes å ha en nordlig utbredelse. Flagellater kan smitte fisk i smoltanlegg, hvis villfiskene i vannkilden(e) er bærere og desinfeksjonen av inntaksvannet svikter. Smittebærende smolt/postsmolt satt i sjø kan utvikle spironucleose, og kan da starte et utbrudd. Parasitten forårsaker tap både i form av sykdom og dødelighet, og ved å forårsake byller i fisken. Disse byllene kan også opptre i muskulaturen, så smittede fiskegrupper må enten kasseres eller så må alle filéter undersøkes manuelt for lesjoner.

Det foreligger ingen brukbar kjemoterapi. For å unngå sykdom må en unngå å få smitten inn i smoltproduksjonen. Derfor er forebygging ved effektiv og pålitelig desinfeksjon av vannet meget viktig.

Overleving i miljøet

Overleving av *Spironucleus salmonicida* vart undersøkt i vatn med ulike salinitetar og ved forskjellige temperaturar. Resultata viste at *S. salmonicida* har svært avgrensa overleving i både ferskvatn, brakkevatn og sjøvatn. Resultata viste og at parasitten dør raskt ved høge vass temperaturar (Helsø, 2024).

I sjøvatn med høg salinitet (25–35 ‰) døydde over 99,8 % av flagellatane innan 2 timar, og ingen overlevde utover dette. Ved lågare salinitet (8,5–10 ‰) og i PBS overlevde dei noko lengre, men alle var døde innan 11 timar. I ferskvatn var overleving ekstremt kort; >99,8 % var døde etter fire minutt, og 100 % innan 15 minutt.

Temperaturforsøk viste tilsvarande låg toleranse for høge temperaturar. Ved 18 °C og over døydde >99 % i løpet av 3 timar, og ved 30–37 °C døydde flagellatane på minutt eller sekund. Derimot kunne parasitten overleve og vekse lenge i Keisters medium ved 6–10 °C, særleg ved høgare starttettheit og dagleg deoksygenering.

Forsøk med næringsmangel og oksygeneksponering stimulerte ikkje parasitten til cystedanning. I desse forsøka vart det sett at overleving var betre med organisk materiale (næring) enn i reint vatn. Næringstilgang påverka

dermed overlevinga til parasitten, og denne faktoren må derfor undersøkast vidare.

Vevstropisme

Vevsfordelinga til *S. salmonicida* vart undersøkt hjå laks, røyr og aure i fisk som vart karakterisert som bærarar av parasitten (frisk fisk, qPCR positive) (Lofnes, 2025). Hos atlantisk laks vart parasitten påvist med høgast prevalens og mengd i bakre nyre, etterfølgt av kaudalmuskulatur og framre nyre. Desse veva kan derfor betre påvise smitteberarar enn tarmsvaber og hjerteprøver som har vore nytta til no. Hos røyr var mønsteret annleis, med høgast prevalens og mengd påvist i framtarmen, etterfølgt av gjelle og nyre (framre og bakre). Funna støttar hypotesen om at røyr kan fungere som ein naturleg reservoarvert, med tarminfeksjon som viktig. Aure viste berre sporadiske funn, men her var materialet var for lite til å trekke konklusjonar. Samla viser undersøkingane klare artsforskjellar i vevstropismen: nyre og muskulatur er nøkkelområde hos laks, medan tarm og gjelle er mest relevante hos røyr.

Nye qPCR-metodar for påvising av *Spironucleus*-artar

Initielle testar viste at qPCR-assayet for *S. salmonicida* ikkje var spesifikt, og kunne amplifisere andre *Spironucleus*-artar. Det vart derfor bestemt at det skulle lagast eit nytt spesifikt qPCR-assay for *S. salmonicida*. For å kunne utelukke (og påvise) andre kjente artar i slekta *Spironucleus* som finnes i (lakse-)fisk i Norge, vart det òg laga nye assay for *S. salmonis*, *S. barkhanus* og *S. torosus*. Dei to første artane er omtala tidlegare, men sistnevnte er ein parasitt som førekjem naturleg i tarmen til torskefisk i sjø, samt i torskefiskens lake (*Lota lota*) i ferskvatn. Desse qPCR assaya kan nyttast til enklare diagnostikk og til påvising av parasittane i vatn (eDNA).

Blant anna har desse nye metodane blitt nytta til å (re-)bekrefte tidlegare diagnoser ved dei utbrota som til no har vore i Noreg (Karlsbakk, Tjessem mfl. 2025). Metoden vart nytta til qPCR-analysar på DNA frå vev fiksert i formalin og støypt inn i histologiske blokker. Utvalde prøvar frå settefiskanlegg (FHF-prosjektet ILA-SAFE (FHF 901674)) vart òg analysert. Analyser av desse prøvane med tidlegare publiserte assay ga eit lågt antall positive resultat. Alle prøvar var negative, det var ikkje flagellatar i vatnet på dei testa tidene.

Dei nye metodane har og blitt nytta til å studere utbreiinga av parasittane i villfisk. Undersøkinga har påvist *S. salmonicida* på to nye lokalitetar (sjå under).

Den geografiske utbreiinga til *Spironucleus salmonicida*

Ville laksefisk frå fleire vassdrag i Nord-Norge (Tabell 1) vart undersøkt for tilstedeværelse av *S. salmonicida*. Prøvane er undersøkt enten med eksisterande eller dei nye qPCR-assayene. Prøvane stammar frå ulike andre prosjekter ved Veterinærinstituttet og Havforskningsinstituttet, eller er samla inn spesifikt for dette prosjektet. Ved Havforskningsinstituttet var analysane for *S. salmonicida* ein del av ei masteroppgåve (Nistad Flaten, 2025). Ei oversikt over analyserte prøvar er gitt i Tabell 1.

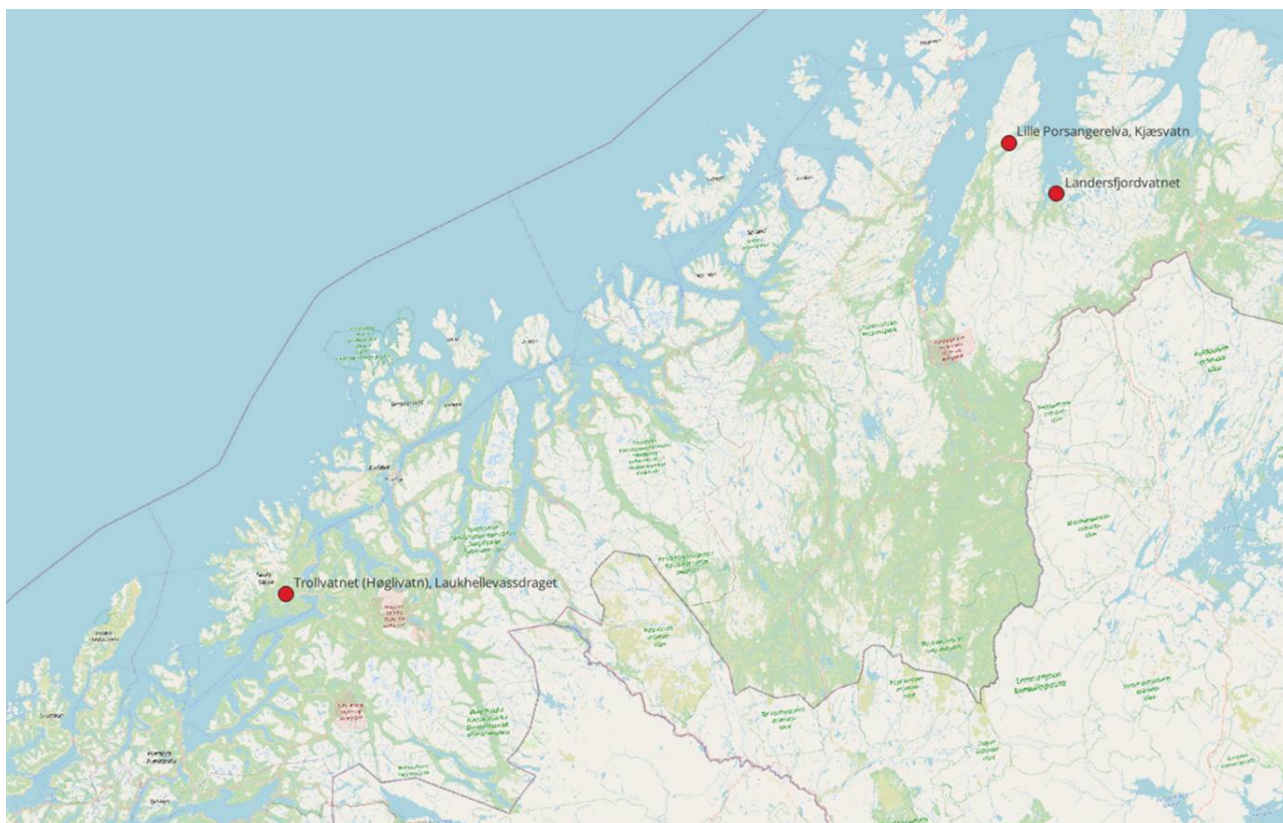
Tabell 1. Oversikt over prøvar analysert for *Spironucleus salmonicida*, med positive funn indikert i raudt. OK Gyro - Overvåkingsprogrammet for *Gyrodactylus salaris* (VI). NALO – Den nasjonale overvåkingen av lakselus på vill laksefisk (HI).

Lokalitet	Vert	n fisk	Innsamler	Dato	Påvist <i>Spironucleus salmonicida</i>

Landersfjordvatnet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	1	Grieg Seafood ASA	25.02.2023	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (Pharmaq Analytiq)
Landersfjordvatnet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	1	Grieg Seafood ASA	25.02.2023	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (Pharmaq Analytiq)
Landersfjordvatnet	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	1	Grieg Seafood ASA	25.02.2023	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (Pharmaq Analytiq)
Landersfjordvatnet	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	1	Grieg Seafood ASA	25.02.2023	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (Pharmaq Analytiq)
Åstbrua, Åsta	Harr (<i>Thymallus thymallus</i>)	2	Haakon Hansen	28.07.2023	
Tana	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	10	Frå OK Gyro 2023	09.08.2023	
Storelva	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	10	Frå OK Gyro 2023	16.09.2023	
Børselvvassdraget	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	10	Frå OK Gyro 2023	18.09.2023	
Kalandsvatnet	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	1	Egil Karlsbakk	01.10.2023	
Kalandsvatnet	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	1	Egil Karlsbakk	01.10.2023	

Ravdojavri	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	2	Marit Måsøy Amundsen	01.03.2024	
Ravdojavri	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	4	Marit Måsøy Amundsen	04.03.2024	
Ravdojavri	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	2	Marit Måsøy Amundsen	23.03.2024	
Ravdojavri	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	1	Marit Måsøy Amundsen	23.03.2024	
Rassajavri/Gresskildevannet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	35	Lerøy AS, Hege Skjåvik	23.03.2024	
Møkkelandsvatnet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	1	Geir Bornø	24.03.2024	
Stuorra Jerestanjavri	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	2	Marit Måsøy Amundsen	01.04.2024	
Kasfjordvannet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	2	Geir Bornø	01.04.2024	
Steingtindvatn	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	10	Rune Muladal	22.08.2024	
Vestre Viskisvatn	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	18	Rune Muladal	23.08.2024	
Svartisvatnet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	14	Rune Muladal	24.08.2024	

Høglivatn, Trollvatn, Laukhellsevassdraget	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	2	Rune Muladal	29.08.2024	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (2 fisk)
Høglivatn, Trollvatn, Laukhellsevassdraget	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	4	Rune Muladal	29.08.2024	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (3 fisk)
Starvatnet, Senja	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	16	Rune Muladal	30.08.2024	
Kjæsvatnet, Lille Porsangerelva	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	10	Rune Muladal	15.09.2024	Positiv for <i>S. salmonicida</i> (1 fisk)
Kjæsvatnet, Lille Porsangerelva	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	13	Rune Muladal	15.09.2024	
Brennsvikvatnet	Røyr (<i>Salvenius alpinus</i>)	7	Rune Muladal	15.09.2024	
Brennsvikvatnet	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	8	Rune Muladal	15.09.2024	
Troms Nord (Ullsfjord, Malangen, Reisafjorden)	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	60	HI - NALO (Nistad Flaten 2025)	2016	
Finnmark Vest (Altafjord, Skillefjord, Talvik))	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	60	HI - NALO (Nistad Flaten 2025)	2017	
Finnmark Øst (Syltefjorden, Tanajfjorden, Jarfjord, Handelsbukt)	Sjøaure (<i>Salmo trutta</i>)	60	HI - NALO (Nistad Flaten 2025)	2016 (S,T), 2022 (J,H)	



Figur 1. Oversikt over funn av *Spironucleus salmonicida* i villfisk i dette prosjektet.

Prøver tatt ved Veterinærinstituttet vart enten tatt frå gattet eller baktarm, enten med svaber eller utskrap. Ved Havforskningsinstituttet vart prøvar tekne frå hjarte og midttarm av frossen fisk samla inn i den nasjonale overvåkinga på lakselus på vill fisk (NALO) (Nistad Flaten, 2025).

S. salmonicida vart påvist ved to nye lokalitetar; i aure og røyr i Laukhellevassdraget på Senja, i Kjæsvatnet i Porsanger (Tabell 1, Figur 1). *S. salmonicida* vart ikkje påvist i sjøaurane (Nistad Flaten, 2025).

2.2 - Genomsekvensering av *Spironucleus salmonicida* isolate SS111

To DNA prøvar (52 og 54, heretter SS111_52 og SS111_54) frå *Spironucleus salmonicida* isolat dyrka frå prøvar frå *S. salmonicida* infisert fisk frå smitteforsøk (AP3) vart motteke frå Bergen, Noreg.

Genomisk DNA (1 µg) frå SS111_54, som vart vurdert til å ha best kvalitet, vart nytta til å lage eit sekvenseringsbibliotek og på MinION-Mk1C med FLO-MIN114-flowcelle og Q20+-kjemi.

Tabell 2. Sekvenseringsstatistikk for prøva SS111_54.

Gjennomsnittleg sekvenslengde (bp)	7 974
Gjennomsnittleg sekvenskvalitet	20.9
Median sekvenslengde (bp)	4 161

Median sekvenskvalitet	22.5
Median sekvenskvalitet	1 532 849
Sekvenslengde N50 (bp)	15 965
Standardavvik sekvenslengde (bp)	11 338
Totalt antall basar (bp)	12 222 342 250

Den ufiltrerte genomdekninga er om lag 850x når alle sekvensar er med, 2-300x med 30 kb-sekvensar, og omtrent 70x dekning med 50kb-sekvensar. Lengda på SS111_54-genomsamansetjinga er 14,03–14,30 Mbp. Genomet er svært godt samansett – og overgår referansegenomet. Avhengig av kva datasett som er nytta vert det omtrent 28–30 kontigar.

Det er noko ujamn dekning på tvers av ulike kontigar. Dette kan indikere aneuploidi eller indikere variasjon mellom genomkopiar. I tillegg har nokre korte kontigar kun halv eller mindre dekning, noko som kan tyde på strukturell variasjon.

Genomet vart aligna til referansegenomet for *S. salmonicida* (GCA_000497125.2). Eit syntenikart viste at store delar av dei 9 kromosoma er direkte alignbare. SS111_54 og referansegenomet viste rundt 99,5 % likskap på nukleotidnivå i dei delane som kan alignast. Dei fleste gena, 8659/8654, kunne identifiserast mellom genoma.

Eit uventa høgt tal alvorlege variantar (862) som kan påverke proteinfunksjon, som leserammeskiift og nye stop-codon, vart observert. Meir detaljerte studier er naudsynt for å forklare kvifor det ser ut til å være eit høgt antal alvorlege genvariantar i SS111_54 genomet.

2.3 - Arbeidspakke 2

UV-desinfeksjon

Det vart undersøkt UV-behandling med både Low Pressure og Medium Pressure UV-lamper. Med Low Pressure gav UV-behandling av *Spironucleus salmonicida* flagellatar i vatn med 0,3 % NaCl ikkje umiddelbar inaktivering i dosar frå 10–200 mJ/cm², og log-reduksjonen var låg. Ved observasjon av kulturar etter 24 timar (ved filming/mikroskopering) og 120 timar (ved mikroskopering og teljing av levande/døde) vart det likevel ikkje påvist levande parasittar ved eksponering for dosar frå høvesvis 75 mJ/cm² og 50 mJ/cm² og høgare. Med Medium Pressure UV-lamper gav derimot behandlinga av *S. salmonicida* flagellatar i vatn med 0,3 % NaCl umiddelbar effekt med full inaktivering for dosar frå 50 mJ/cm² og høgare (tilsvarande 5 log titer-reduksjon, eller 100 % inaktivering). Ved observasjon 24 timar etter behandling var det ingen levande parasittar ved dosar på 25 mJ/cm² eller meir. Etter 48 timar var det ingen levande parasittar for alle dosane som vart testa, frå 10–75 mJ/cm². Resultata indikerer at MP-UV-lamper har større effekt på parasitten ved lågare dosar enn ved bruk av LP-UV-lamper. Testane i laboratoriet er utførte med høg mengde parasittar i vatn med låg salinitet og svært låg organisk belastning. Ved val av UV-dose i settefiskanlegg må det takast omsyn til faktorar som kan redusere effekten av vald UV-dose, som til dømes mengda organisk belastning i vatnet. Den anbefalte dosen må justerast i høve til vasskvalitet og transmisjon, noko som kan variere gjennom året. Anbefalinga frå studien er å nytte minst 50 mJ/cm² ved bruk av MP-UV-lamper i settefiskanlegg med vatn som har låg organisk belastning. I praktisk drift må dosen justerast i samsvar med vasskvalitet og transmisjon, som kan variere gjennom året.

Forsøket og resultata er detaljert skildra i Johansen mfl 2024.

Infeksjon i RAS

Det vart gjennomført eit forsøk ved smitteRAS-laboratoriet i Tromsø for å undersøkje korleis *S. salmonicida* oppfører seg i resirkulerande akvakultursystem (RAS), og om UV- eller ozonbehandling i vassløpet kan hindre sjukdomsutbrot etter eit mogleg biosikkerheitsbrot. *S. salmonicida* flagellater (104/ml) ble tilført systemene via spede vannet (tilsvarende 1% (v/v) av daglig tilførsel: 20 liter per system) over 3 påfølgende dager. Blodprøver av fisk og miljøprøver ble tatt opptil 4 uker etter smitte. Verken blodprøver eller miljøprøver gav utslag for *S. salmonicida* ved qPCR, og parasitten klarte heller ikkje å etablere seg i systemet. Dette tyder på at parasitten ikkje lett etablerer seg i fisk eller system og at inntak av parasitten gjennom inntaksvatn ikkje nødvendigvis fører til sjukdom i smolt oppdretta i RAS. UV- og ozonbehandling endra ikkje dette utfallet, men påverka likevel fiskens helse på andre måtar. Molekylære analysar viste endringar i genuttrykk knytt til immunrespons og oksidativt stress, medan histologiske undersøkingar synte tidsavhengige forandringar, særleg i gjellene. I tillegg vart det observert at desinfeksjon endra mikrobiotaen i systemet, både på tankveggar og biomedier. Resultata viste at *S. salmonicida* ikkje etablerte seg i RAS under dei miljøbetingingane som vart nytta. Resultata frå arbeidet er sendt til vurdering i internasjonalt referee-behandla tidsskrift (Lazado mfl, innsendt manuskript Sept. 2025).

2.4 - Arbeidspakke 3

I arbeidspakke 3 vart det gjennomført fem smitteforsøk ved Havforskningsinstituttets smittelaboratorium i Bergen. Eit pilotforsøk for å bestemme kva smittemodell som skulle nyttast, og deretter fire smitteforsøk med laks og aure, laks og rognkjeks (2), og laks og røyr. Smitteforsøket med rognkjeks vart gjort i samarbeid med eit internt prosjekt ved Havforskningsinstituttet (Prosjektnummer 15196) som ser på sjukdom og agens i reinsefisk leia av Nina Sandlund. Her er ei oppsummering av forsøka. Detaljar er gitt i dei individuelle rapportane frå forsøka.

Pilotforsøk

Fem ulike smittemodellar vart vurdert; bad, kohabitasjon, i.p. injeksjon, oral og anal intubasjon. Hovudmålet var å fastslå kva smittemodell som var best å nytte til smitte med *S. salmonicida* i sjøvatn i dette prosjektet. Forsøket varte 6 veker og fisken vart undersøkt for vekst, kliniske teikn og lesjonar, samt testa for infeksjon i blod - og tarmvæskeprøvar ved hjelp av qPCR. Etter 6 veker var det berre minimale skilnader i vektuke mellom gruppene, og ingen kliniske teikn på spironukleose vart observert. Ved analyse av blod og tarmvæske med qPCR vart det ikkje funne *S. salmonicida* infeksjon i kohabitantgruppa, og kun ein positiv fisk i den anal-intuberte gruppa. Vidare viste qPCR-resultata at det ved oral intubasjon var høg prevalens av *S. salmonicida* i blodet 3 veker etter smitte, medan injeksjons- og badmodellane viste høg prevalens først 6 veker etter smitte. Basert på resultata i dette forsøket vart badsmittemodellen, som er lite invasiv og representativ for naturlege infeksjonsvegar, vald som metode for det vidare arbeidet. Forsøket og resultata er fullstendig skildra i Kvamme mfl. 2025.

Aure – Laks

I SpiroFri-prosjektet er mottageligheita til laks og sjøaure i brakkvann (25‰; «fjordvatn») undersøkt. Vi badeksponte sjøaure og postsmolt laks for parasittar (108 flagellatar per liter) i same kar i 30 minutt. Fiskane vart deretter fordelt på seks kar, og kohabitantar tilsett. Smitteeksponert laks gjekk saman med aure og laks,

medan smitteeksponert aure gjekk saman med laks. Fisken vart følgd i 4 månader, med blodprøvetaking og tarmsvabring. Størstedelen av laksen var smitta etter 1 månad (positivt blod). Kun få badsmitta aure hadde påviseleg infeksjon i blod og tarm. Likevel vart laks kohabitert med badsmitta aure smitta. Nokre få aurar som gjekk saman med badsmitta laks vart og smitta, medan ein stor andel av laksekohabitantane vart det. Infeksjonane i aure var lette. Ingen aurar hadde makroskopisk synlege innvendige lesjonar ved forsøksslutt. Badsmitta laks og kohabiterande laks utviklet lesjonar (byllar) i muskulatur og innvollar, karakteristiske forandringar ved systemisk spironucleose. Desse inneheldt store mengder av flagellatane. Aure eksponert for smitte synast ikkje å bli sjuk. Sjukdomsutbrot i laksemerdar i fjordane verkar derfor ikkje å være ein trussel for arten. Forsøket viser at sjøaure kan være smittebærar. Forsøket og resultata er fullstendig skildra i Karlsbakk mfl. 2025.

Røyr – Laks

Mottagelegheita til sjørøyr og laks er i dette prosjektet undersøkt i brakkvatn (25‰; «fjordvatn»). Vi bad-eksponerte sjørøyr og post-smolt laks for parasitten (107 flagellater per liter) i same kar i 60 minutt. Desse fiskane vart deretter fordelt på seks kar, og kohabitantar tilsett. Smitteeksponert laks gjekk saman med røyr og laks, medan smitteeksponert røyr gjekk saman med laks. Fisken vart følgd i 14 veker, med blodprøvetaking og tarmsvabring. Under halvparten av laksen var smitta etter 1 månad (positiv blodprøve eller tarmsvaber). Kun få badsmitta røyr hadde påviseleg infeksjon i blod eller tarm. Likevel vart laks kohabitert med badsmitta røyr infisert. Nokre få røyr som gjekk saman med badsmitta laks vart og smitta, sjølv om kun 2 av laksekohabitantane vart det. Infeksjonane i røyr var lette (høg Ct), og ingen hadde makroskopisk synlege innvendige lesjonar ved forsøksslutt. Ei røyr tatt ut i juli hadde flagellatar bak auga, som var utståande (eksoftalmi). Badsmitta laks og kohabiterande laks utvikla lesjonar i muskulatur og innvollar, karakteristiske forandringar ved systemisk spironucleose. I august-uttaket vart det, ved mikroskopi, oppdaga at småsår både på laks og røyr kunne innehalde flagellatar. Nokre av desse fiskane vart funnet å være negative på blod og tarmprøvane analysert. Fiskane med sår vart tekne ut av forsøket. I sluttuttaket vart det likevel påvist nye fisk med infiserte sår. Det synast sannsynleg at *S. salmonicida* ved badsmitte og kohabitering kan invadere fisk via sår. Truleg forverra sår av infeksjonen. Røyr eksponert for smitte blir i liten grad smitta, og blir normalt ikkje sjuk. Sjukdomsutbrot i laksemerdar i fjordane synast ikkje å være ein trussel for arten. Forsøket viser at sjørøyr kan være smittebærar i sjø. Eit viktig funn er at sår kan ha stor betyding for utvikling av spironucleose i oppdrettsfisk. Derfor vil vintersår, perlesnormaneter, lus og lusebehandlingar kunne ha stor betyding. Forsøket og resultata vil bli fullstendig skildra i Karlsbakk mfl. 2026.

Rognkjeks – Laks

I løpet av 2022-utbrotet vart det overraskande påvist systemisk infeksjon med *S. salmonicida* hos rognkjeks som gjekk saman med infisert laks. Dette indikerte eit vidare vertsspekter for *S. salmonicida* enn tidlegare antatt, og mogleg smitte mellom artar som vanlegvis ikkje har tett kontakt. Det vart gjennomført smitteforsøk med *S. salmonicida* i atlantisk laks og rognkjeks. Målet med smitteforsøket var å undersøkje om rognkjeks kan smittast via vatn eller frå infisert laks, samt å vurdere konsekvensane av ein *S. salmonicida* infeksjon hos rognkjeks. To forsøk vart gjennomført. Det første viste låg smittesuksess og ingen dødelegheit, medan det andre – med justert smittemodell – gav høg smittesuksess. I forsøk 2 var nær all rognkjeks og størstedelen av laksen infisert tre veker etter smitte. Rognkjeksa utvikla akutt dødelegheit frå dag 23, medan laksen ikkje viste sjukdomsteikn. Resultata viste at rognkjeks er mottakeleg for *S. salmonicida*, med rask sjukdomsutvikling og tilsynelatande alvorleg konsekvens av infeksjonen (høg akutt dødelegheit). Parasitten vart påvist systemisk i begge artar tre veker etter smitte, men konsekvensane var klart alvorlegare for rognkjeks enn for laks. Hovudkonklusjonen er at rognkjeks synast meir sårbar enn laks ved eksponering for *S. salmonicida*. Forsøket

og resultata er fullstendig skildra i Kvamme mfl. 2025.

3 - Hovudfunn

To sentrale erfaringar frå prosjektet er at

Dagens krav til UV-behandling ikkje er gode nok i forhold til *S. salmonicida*.

Rognkjeks kan bli alvorleg sjuk ved infeksjon med *S. salmonicida*, og arten derfor er ueigna i anlegg med spironucleoseutbrot. Funnet eksemplifiserar i tillegg at det kan oppstå uventa og alvorlege konsekvensar dersom artar som vanlegvis lever åtskilt kjem unaturleg tett saman som følgje av menneskeleg aktivitet.

Arbeidspakke 1

- Kunnskapsstatus for *S. salmonicida*
- *S. salmonicida* overlever dårleg over 15 °C
- *S. salmonicida* overlever best ved ca 10 ‰ sjøvatn, men lever kun i kort tid i ferskvatn eller ved høge salinitetar (25-35 ‰)
- Det er artsforskjellar i vevsrespons og -fordeling av *S. salmonicida*
- Molekylær påvising (qPCR) av *S. salmonicida* bør gjerast med ein kombinasjon av vev
- *S. salmonicida* er påvist i villfisk i to nye vassdrag
- 180 sjøaure frå Troms og Finnmark vart ikkje funne infiserte
- Fire nye qPCR-assay er utvikla for bruk i diagnostikk og forskning
- Eit høgkvalitetssystem med teikn til strukturell variasjon og eit uventa høgt tal alvorlege genvariantar er sekvensert.

Arbeidspakke 2

- Medium Pressure (MP) UV-lamper fungerer betre for desinfeksjon av inntaksvatn for *S. salmonicida* enn Low Pressure (LP) UV-lamper, og ved bruk av lågare dosar
- Det er anbefalt å nytte minst 50 mJ/cm² ved bruk av MP-UV-lamper for desinfeksjon for *S. salmonicida*, og at UV-dosen justerast i forhold til vasskvaliteten
- Smitteforsøk indikerar at *S. salmonicida* flagellater ikkje nødvendigvis etablerar seg i RAS-system dersom den kjem inn i anlegget

Arbeidspakke 3

- Badsmitemodell med *S. salmonicida* fungerer for laks, aure, røyr og rognkjeks
- Aure vert smitta, og kan smitte laks, men vert ikkje sjuk
- Røyr vert smitta, og kan smitte laks, men vert ikkje sjuk
- Parasitten koloniserar sår, som difor er ein innfallsport
- Laks infisert med *S. salmonicida* kan smitte rognkjeks
- Rognkjeks vert smitta og kan bli alvorleg sjuk, og kan truleg smitte laks

4 - Framtidige forskingsbehov

Smittespreiing

Kunnskap om smittevegane til *S. salmonicida*, både i oppdrett og naturen, er avgjerande for å unngå infeksjonar med parasitten. Smitte til og frå laks er vist å skje ved kohabitasjon, men det er framleis ukjent korleis smitta skjer (kontakt, fomites, cyster, fritt i vatnet). Overlevinga til parasitten er påverka av miljøet, og for oppdrett er det vist at UV kan være ein effektiv bekjempingsmetode. Men me har funne at overlevinga vil bli påverka av næringstilgangen utanfor verten, tilknytning til partiklar/fomites, og organisk belastning. Det er no viktig å avklare parasitten si overleving i fekaliar, samt blod og slim frå laks, der næringstilgang kan gje auka overleving. Rognkjeks vart funne mottakeleg for parasitten, og det tyder på lågare vertsspesifisitet enn ein har trudd til no. Villfisk av fleire artar kan difor potensielt bli smitta, sjuke, og/eller fungere som vektorar. Pukkellaks er ein mogleg vert som har stort potensiale som vektor.

Utbreiing

Utbreiinga til *S. salmonicida* i Noreg er lite kjend. Truleg er den atskillig meir utbreidd enn dagens kjende påvisingar tilseier. Betre kunnskap om utbreiinga vil være viktig for å finne årsaka til at ein i dag kun har utfordringar på enkeltlokalitetar, og kor stor risiko det er for at ein får utfordringar med parasitten også ved andre lokalitetar. Det kan og, ettersom ein oppnår detaljert kunnskap om førekomst, bli aktuelt å sjå på om flytting av fisk medfører ein fare for vassdrag utan parasitten.

5 - Leveransar

Resultata frå prosjektet er formidla i ei rekkje ulike fora, frå nyhendesaker og populærvitskaplege artiklar til informasjonswebinar og rapportar. I tillegg vil resultata frå prosjektet bli publisert som vitskaplege artiklar i internasjonale tidsskrifter, og det er forventa at det publiserast 6-8 artiklar frå prosjektet i perioden 2026-2027.

Nyheitsaker

- <https://www.hi.no/hi/nyheter/2023/mars/million-stotte-til-forskning-pa-lakseparasitt>
- <https://nofima.no/pressemelding/million-stotte-til-forskning-pa-lakseparasitt/>
- <https://www.vetinst.no/nyheter/millionstotte-til-forskning-pa-lakseparasitt>
- <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7045032565191192576/>
- <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18360442/nytt-verktoy-mot-farlig-lakseparasitt>

Presentasjonar

- SpiroFri. Presentasjon Styringsgruppemøte 22. mars 2024, MS Teams. Egil Karlsbakk, Maiken Helsø, Håkon Berg-Rolness, Maren Austgulen, Cecilie Skår, Bjørn Olav Kvamme.
- SpiroFri–styringsgruppemøte 22. Mars 2024. Presentasjon Styringsgruppemøte 22. mars 2024, MS Teams. Haakon Hansen, Bjørn Spilsberg, Magnus Leithaug,
- AP 2: Effekten av ulike desinfeksjonsstrategier på *S. salmonicida*. Presentasjon Styringsgruppemøte 22. mars 2024, MS Teams. Lill-Heidi Johansen, Hanne Brenne, Carlo Lazado, RoyInge Hansen, Malene Soleng, Rachel Gottlieb, Jelena Kolarevic, Bjørn Steinar Sæther, Marsela Alvanopoluou.
- Prøvetaking og kliniske opplysningar frå utbruddet i Grieg Seafood Finnmark, Adamselv. Presentasjon Prosjektgruppemøte 17-18. januar 2023, Adamselv. Sigrun Ness Johannesen
- Prøvetaking og kliniske opplysningar, påvisingar og tap i sjøfasen. Presentasjon Prosjektgruppemøte 17-18. januar 2023, Adamselv. Anne Tjessem, Grieg Seafood Finnmark
- Kvalitetsutfordringer og arbeid for å håndtere spiro-situasjonen på slakteri. Presentasjon Prosjektgruppemøte 17-18. januar 2023, Adamselv. Inger Helen Johnsen
- Er sjøaure mottagelig for *Spironucleus salmonicida* – parasitten som kan forårsake systemisk spironucleose i oppdrettslaks? 2024. Havbrukskonferansen 2024.
- Verter og vektorer i sjø for *Spironucleus salmonicida*, mikroparasitten som forårsaker systemisk spironucleose i oppdrettslaks. 2025. Frisk Fisk 2025.
- Results from SpiroFri project, WP2. CandRAS (NFR) mid-term meeting, 4-5 juni 2025, Tromsø. Lill-Heidi Johansen
- Interplay between UV, ozone and the parasite *Spironucleus salmonicida* in Atlantic salmon RAS. Aquaculture Europe, 23-25 september 2025, Valencia. Carlo Lacado
- Disinfection and the parasite *Spironucleus salmonicida* in Atlantic salmon RAS. Nordic RAS, Aalborg, 8-9 oktober 2025. Lill-Heidi Johansen

Masteroppgåver

- Helsø, M. Miljøoverlevelse hos *Spironucleus salmonicida* - parasitten som forårsaker systemisk spironukleose hos oppdrettslaks. 2024. Masteroppgåve i Akvamedisin – Fiskehelse, Universitetet i Bergen.
- Otterlei, J. R. Early Immune Responses to *Spironucleus salmonicida* in the Gut of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). 2024. Masteroppgåve i Akvamedisin, Universitetet i Tromsø.
- Olaisen, D. Effekt av desinfeksjon i sløyfen på vannkvalitet i resirkulerende akvakultursystem (RAS). 2025.

Masteroppgåve i Akvamedisin, Universitetet i Tromsø.

- Lofnes, A. *Spironucleus salmonicida* – histopatologi og vevstropisme i ulike vertsarter. 2025. Masteroppgåve i Akvamedisin – Fiskehelse, Universitetet i Bergen.
- Nistad Flaten, S.A. Parasites in sea trout (*Salmo trutta*) from northern Norway, with emphasis on occurrence of the salmon pathogen *Spironucleus salmonicida*. 2025. Masteroppgåve i Akvamedisin - Fiskehelse, Universitetet i Bergen.

Webinar

Spironucleus salmonicida-infeksjonar og spironucleose i norsk akvakultur: smittevegar, vertsspekter og førebygging. 5/6/2025 kl 11-13.

Presentasjonar

- Sterud, E. Historisk oversikt over *S. salmonicida*.
- Karlsbakk, E. Kunnskapsstatus om parasitten.
- Lazado, C. Biosikkerheit og førebygging.
- Karlsbakk, E. & Kvamme, B. O. Smittevegar og vertsspekter.

Deltakarane fordelte seg på industri, forvaltning og FoU-miljøer. Det var 79 påmelde, og registrert 66 deltakarar på sjølve webinar.

Rapportar

- Rapport 2.1. Effekt av ulike desinfeksjonsstrategier på *S. salmonicida*. 2024. Nofima rapport nr. 25/2024.
- Rapport 2.2. (til FHF). Summary of results. Task 2.2A. 2025. Nofima (oversikt over resultater).
- Utpøving av fem ulike *S. salmonicida* smittemodellar for post-smolt laks i sjøvatn – SpiroFri Pilotsmitteforsøk Våren 2023. 2025. Havforskningsinstituttet rapport nr. 2025-25.
- Er sjøaure mottagelig for *Spironucleus salmonicida* – parasitten som kan forårsake systemisk spironucleose i oppdrettslaks? 2025. Havforskningsinstituttet rapport nr. 2025-82.
- Hvor mottagelig er sjørøyr for den laksepatogene flagellaten *Spironucleus salmonicida*? Havforskningsinstituttet rapport nr. 2026-##.
- Smitteforsøk med *S. salmonicida* smitte i laks og rognkjeks - SpiroFri Laks-Rognkjeks Smitteforsøk Våren 2024. 2025. Havforskningsinstituttet rapport nr. 2025-65.
- *Spironucleus*-infeksjoner og *Spironucleose* hos laks – En kunnskapsoppsummering 2025. Havforskningsinstituttet rapport nr. 2025-59.

Artiklar

- *Spironucleus salmonicida* – fiskeparasittenenes svar på Dr. Jekyll og Mr. Hyde. 2025. Norsk Fiskeoppdrett 4-2025 og kyst.no.
- Interplay between disinfection and the enigmatic diplomonad parasite *Spironucleus salmonicida* in Atlantic salmon. C. Lazado, H. Brenne, D. Olaisen, G. S. Johansson, M. Hansen, B. S. Sæther, J. Kolarevic, G. Timmerhaus, T. Tengs, L.-H. Johansen. Innsendt 18 september 2025.

6 - Referansar

- Grieg Seafood ASA. (2023). Annual Report 2023.
- Helsø, M. (2024). Miljøoverlevelse hos *Spironucleus salmonicida* - parasitten som forårsaker systemisk spironukleose hos oppdrettslaks Universitetet i Bergen]. Bergen.
- Johansen, L. H., & Brenne, H. (2024). Effekten av ulike desinfeksjonsstrategier på *Spironucleus salmonicida*. Nofima.
- Jorgensen, A., Torp, K., Bjorland, M. A., & Poppe, T. T. (2011). Wild Arctic char *Salvelinus alpinus* and trout *Salmo trutta*: hosts and reservoir of the salmonid pathogen *Spironucleus salmonicida* (Diplomonadida; Hexamitidae). *Diseases of Aquatic Organisms*, 97(1), 57–63. <https://doi.org/10.3354/dao02404>
- Karlsbakk, E., Nordbø, J., Austgulen, M. H., Berg-Rolness, H., Mæhle, S., Ghebretsaie, D. B., Røttingen, T. B., & Kvamme, B. O. (2025). Er sjøaure mottagelig for *Spironucleus salmonicida* – parasitten som kan forårsake systemisk spironucleose i oppdrettslaks? (2025-82). (Havforskningsinstituttets rapportserie, Issue. Havforskningsinstituttet.
- Karlsbakk, E., Nordbø, J., Skår, C. K., Berg-Rolness, H., Mæhle, S., Ghebretsaie, D. B., Aga, J., Senge, A., Lofnes, A., Røttingen, T. B., & Kvamme, B. O. (2026). Hvor mottagelig er sjørøyr for den laksepatogene flagellaten *Spironucleus salmonicida*? (2026-##). (Havforskningsinstituttets rapportserie, Issue.
- Karlsbakk, E., Tjessem, A., Hansen, H., & Sterud, E. (2025). *Spironucleus*-infeksjoner og Spironucleose hos laks – En kunnskapsoppsummering (2025-59). Havforskningsinstituttet.
- Kvamme, B. O., Mæhle, S., Berg-Rolness, H., austgulen, M. H., Senge, A., Ghebretsaie, D. B., Nordbø, J., Skår, C. K., Penaranda, M. M. D., Skaftnesmo, K. O., & Karlsbakk, E. (2025). Uprøving av fem ulike *Spironucleus salmonicida* smitte-modellar for postsmolt laks i sjøvatn - SpiroFri Pilotsmitteforsøk Våren 2023 (2025-01). Havforskningsinstituttet. <https://www.hi.no/hi/nettrapporter/rapport-fra-havforskningen-2025-25>
- Kvamme, B. O., Sandlund, N., Mæhle, S., Berg-Rolness, H., Austgulen, M. H., Senge, A., Ghebretsaie, D. B., Nordbø, J., Skår, C. K., Lofnes, A., & Karlsbakk, E. (2025). Smitteforsøk med *Spironucleus salmonicida* på rognkjeks og laks (2025-##). (Rapport fra Havforskningsinstituttet, Issue.
- Lie, K.-I., Wisløff, H., Østevik, L., Alacorn, M., & Nylund, S. (2022). Spironukleose hos atlantisk laks. *Norsk Veterinær Tidsskrift*, 134(06-2022), 400–401.
- Liltved, H., Vogelsang, C., Modahl, I., & Dannevig, B. H. (2006). High resistance of fish pathogenic viruses to UV irradiation and ozonated seawater. *Aquacultural Engineering*, 34(2), 72–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.05.002>
- Lofnes, A. (2025). *Spironucleus salmonicida* – histopatologi og vevstropisme i ulike vertsarter Universitetet i Bergen]. Bergen, Noreg.
- Mo, T. A., & Poppe, T. (1992). *Norsk Fiskeoppdrett*, 11A, 48–50.
- Mo, T. A., Poppe, T. T., & Iversen, L. (1990). Systemic hexamitosis in salt-water reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Bull. eur. ass. Fish Pathol*, 10(3).
- Nistad Flaten, S. A. (2025 (unpublished)). Parasites in sea trout (*Salmo trutta*) from northern Norway, with emphasis on occurrence of the salmon pathogen *Spironucleus salmonicida* Universitetet i Bergen]. Bergen, Noreg.
- Poppe, T., & Mo, T. A. (1993). Systemic, granulomatous hexamitosis of farmed Atlantic salmon: Interaction with wild fish. *Fisheries Research*, 17, 147–152.
- Poppe, T. T., Mo, T. A., & Iversen, L. (1992). Disseminated hexamitosis in sea-caged atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 14(2), 91–97. <https://doi.org/10.3354/dao014091>
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Moldal, T., Oliveira, V. H. S., Svendsen, J. C., Haukaas, A., & Brun, E. (2024). Fiskehelserapporten 2023.
- Sommerset, I., Wiik-Nielsen, J., Oliveira, V. H. S., Moldal, T., Bornø, G., Haukaas, A., & Brun, E. (2023). Fiskehelserapporten 2022.
- Sterud, E., Hansen, H., Tjessem, A., Heggebø, R., Kvamme, B. O., Johansen, L. H., Lazado, C., Helsø, M., & Karlsbakk, E. (2025). *Spironucleus salmonicida* - fiskeparasittenes svar på Dr. Jekyll and Mr. Hyde. *Norsk Fiskeoppdrett*, 2025(04-2025), 6.
- Sterud, E., Poppe, T. T., Iversen, L., & Larsen, T. (2002). Men *Spironucleus* var ikke død. kyst.no/arkiv/men-

spironucleus-var-ikke-dod/276649

- Summerfelt, S. T., Sharrer, M. J., Tsukuda, S. M., & Gearheart, M. (2009). Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation. *Aquacultural Engineering*, 40(1), 17–27.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2008.10.002>



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no