

Tålegrense hos ørret (*Salmo trutta*) og effekt på *Gyrodactylus salaris* ved eksponering for monokloramin



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

| | | |
|---|--------------------------------------|----------------------|
| Tittel Tålegrense hos ørret (<i>Salmo trutta</i>) og effekt på <i>Gyrodactylus salaris</i> ved eksponering for monokloramin | Løpenummer 7616-2021 | Dato 19.04.2021 |
| Forfatter(e) Kjetil Olstad ¹ , Tobias Holter ¹ , Anders Gjørwad Hagen ² , Anne Luise Ribeiro ² , Marit Måsøy Amundsen ³ og Øyvind Garmo ² ¹ Norsk institutt for naturforskning, ² Norsk institutt for vannforskning, ³ Veterinærinstituttet i Oslo | Fagområde Vannressursforvaltning | Distribusjon Åpen |
| | Geografisk område Møre og Romsdal | Sider 21 |

| | |
|--|---|
| Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet | Oppdragsreferanse Jarle Steinkjer |
| Oppdragsgivers utgivelse: Miljødirektoratet rapport M-2001 2021 | Utgitt av NIVA Prosjektnummer 180127 |

| |
|---|
| <p>Sammendrag</p> <p>Fra tidligere undersøkelser foreligger det betydelig kunnskap om effekten av kloramin på lakseparasitten <i>Gyrodactylus salaris</i>. Omfanget av og grensene for det terapeutiske vinduet, det vil si konsentrasjoner som laksen tåler over en viss tid, men som dreper parasitten, har ikke vært godt kjent. For å utvide den eksisterende kunnskapen om det terapeutiske vinduet ved bruk av kloramin som behandling kjemikalium mot <i>G. salaris</i> var det derfor relevant å undersøke hvor høye konsentrasjoner av klor fisken tålte over tid, i tillegg til å undersøke effekten på parasitten ved et utvalg av relevante konsentrasjoner. Basert på forsøkene ble det konkludert med at kloramin som behandling kjemikalium mot <i>G. salaris</i> har et større terapeutisk vindu enn for eksempel surt aluminium, hvilket medfører at det kreves mindre finjusteringer av dose og færre doseringspunkter sammenlignet med aluminiumsmetoden. Kunnskapsgrunnlaget om det terapeutiske vinduet for klor som kjemikalium i behandling mot <i>G. salaris</i> har blitt styrket, og resultatene er lovende før en mulig fullskala behandling i vassdraget.</p> |
|---|

| | |
|---|---|
| Fire emneord | Four keywords |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Monokloramin 2. <i>Gyrodactylus salaris</i> 3. Tålegrense 4. <i>Salmo salar</i> & <i>Salmo trutta</i> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Monochloramine 2. <i>Gyrodactylus salaris</i> 3. Tålegrense 4. <i>Salmo salar</i> & <i>Salmo trutta</i> |

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Anders Gjørwad Hagen
Prosjektleder/Hovedforfatter

Øyvind Kaste
Kvalitetssikrer

Kristoffer Kalbekken
Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-7352-6
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning og Miljødirektoratet. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Tålegrense hos ørret (*Salmo trutta*) og effekt på
Gyrodactylus salaris ved eksponering for
monokloramin**

Forord

Gyroklorprosjektet har som overordnet mål å utrede om klorforbindelser kan brukes i behandling mot *Gyrodactylus salaris* i norske laksevassdrag. I februar 2019 fremla prosjektgruppa et forslag for Miljødirektoratet der videre utredning av klor som bekjempelsesmiddel i kampen mot parasitten ble skissert. Med utgangspunkt i et treårig prosjekt som ble avsluttet i 2020, støttet Miljødirektoratet forslaget om et tålegrenseforsøk der ungfisk av ørret fra Driva ble eksponert for høyere klorkonsentrasjoner enn det som er relevant for behandling mot *G. salaris*. I tillegg ble laksunger infisert med *G. salaris* og eksponert for høy, men behandlingsrelevant, dose for å koble effekten på ungfisk av ørret mot effekten på *G. salaris*.

Prosjektet er organisert som et samarbeid mellom NIVA, Veterinærinstituttet og NINA. Koordinerende og administrativt ansvar har ligget hos NIVA, ved forskningsleder Anders Gjørwad Hagen.

Forsøket som rapporteres her er gjennomført ved fiskesperra i Snøvasmelan i Driva. Vi vil takke Inger Helen Sira Hagen (lokal koordinator) for god hjelp med gjennomføring av prosjektet. Vi vil også takke Steinar Stensli, Pål Adolfsen og Roar Sandodden (Veterinærinstituttet) for hjelp med el-fiske til prosjektet.

Forsøkene er gjennomført med tillatelse fra Mattilsynet i henhold til Forskrift om bruk av dyr i forsøk med FOTS-ID 23997.

Oslo, 19.04.2021
Anders Gjørwad Hagen,
prosjektleder

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|----------------------------------|-----------|
| 1 | Introduksjon..... | 7 |
| 2 | Metode..... | 8 |
| 2.1 | Forsøkslokalitet og oppsett..... | 8 |
| 2.2 | Forsøksfisk..... | 11 |
| 2.3 | Forsøksprotokoll..... | 11 |
| 2.3.1 | Vannkjemiske analyser..... | 11 |
| 2.3.2 | Tålegrenseforsøk..... | 12 |
| 2.3.3 | Effektforsøk..... | 12 |
| 3 | Resultater..... | 13 |
| 3.1 | Vannkjemiske analyser..... | 13 |
| 3.2 | Tålegrenseforsøk..... | 13 |
| 3.3 | Effektforsøk..... | 15 |
| 4 | Diskusjon..... | 16 |
| 5 | Referanser..... | 20 |

Sammendrag

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* er ansett som en stor trussel mot norsk villaks og myndighetene har som mål å utrydde den fra alle områder hvor den er etablert. Etter flere år med innsats i form av kjemisk bekjempelse er status mot slutten av 2020 at parasitten kun er kjent forekommende i åtte vassdrag fordelt på to smitteregioner; Drammensregionen og Drivaregionen. I løpet av de senere år er det gjort en betydelig innsats for å utvikle en bekjempelsesmetode mot *G. salaris* basert på klor i form av monokloramin.

Fra tidligere undersøkelser foreligger det betydelig kunnskap om effekten av klorkonsentrasjoner som ligger innenfor det terapeutiske vinduet, det vil si en konsentrasjon som laksen tåler over en viss tid, men som dreper parasitten. Utstrekningen av det terapeutiske vinduet har imidlertid ikke vært kjent. For å utvide den eksisterende kunnskapen om det terapeutiske vinduet ved bruk av kloramin som behandling kjemikalium mot *G. salaris* var det derfor relevant å undersøke hvor høye konsentrasjoner av klor fisken tålte over tid, i tillegg til å undersøke effekten på parasitten ved et utvalg av relevante konsentrasjoner.

På sensommeren 2020 ble det gjennomført to samtidige forsøk for å belyse tålegrense hos fisk og effekt på *G. salaris*.

I tålegrenseforsøket ble tre grupper av ørretunger eksponert for gjennomsnittlige konsentrasjoner av aktivt klor på henholdsvis 45 (Cl-lav), 78 (Cl-medium) og 104 (Cl-høy) µg/l. Individuell tålegrense (tidspunkt for død) ble i dette forsøket definert som tidspunkt for tap av likevekt (hvor fisken ikke lenger evnet å svømme naturlig). Av de totalt 60 ørretene i tålegrenseforsøket var det til sammen 29 stykker som mistet tap av likevekt eller døde i løpet av forsøksperioden (1 i Cl-lav, 11 i Cl-medium og 17 i Cl-høy). I Cl-lav døde kun én fisk i løpet av forsøket; etter 251 timer (10,5 døgn). I Cl-høy døde de tre første fiskene etter 54 timer (2,25 døgn), mens de to første i Cl-medium døde etter 64 og 65 timer (2,7 døgn).

I effektforsøket ble to grupper av laksunger infisert med *G. salaris* eksponert for gjennomsnittlige konsentrasjoner på henholdsvis 21 (Gyro lav) og 41 (Gyro høy) µg aktivt klor/l. I begge disse gruppene var alle individer av *G. salaris* forsvunnet etter fire dagers eksponering. Samtidig ble det observert en økning i antall individer i en parallell kontrollgruppe som ikke var eksponert for klor.

Basert på forsøkene ble det konkludert med at kloramin som behandling kjemikalium mot *G. salaris* har et større terapeutisk vindu enn for eksempel surt aluminium, hvilket medfører at det kreves mindre finjusteringer av dose og færre doseringspunkter sammenlignet med aluminiumsmetoden. Kunnskapsgrunnlaget om det terapeutiske vinduet for klor som kjemikalium i behandling mot *G. salaris* har blitt styrket og resultatene er lovende før en mulig fullskala behandling i vassdraget.

Summary

Title: Tolerance limits for trout (*Salmo trutta*) and effect on *Gyrodactylus salaris* when exposed to monochloramine.

Year: 2021

Author(s): Kjetil Olstad, Tobias Holter, Anders Gjørwad Hagen, Anne Luise Ribeiro, Marit Måsøy Amundsen and Øyvind Garmo.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7352-6

The salmon parasite *Gyrodactylus salaris* is considered a great threat to wild salmon in Norway, and the government wants it eliminated from all areas where it is present. After several years of effort to chemically eradicate the parasite, status by the end of 2020 is that the parasite has a known presence in 8 river systems, spread across two regions of infection: the region of Drammen and the region of Driva. In later years, a substantial effort has been made to develop a treatment method against *G. salaris* based on chlorine in the form of monochloramine.

Previous studies contribute considerable knowledge of effects of chlorine concentrations within the therapeutic window, i.e., the concentrations of chloramine tolerable to the fish but killing the parasite. To date, the extent of this “window” has largely been unknown. To expand the existing knowledge on the therapeutic window using chloramine as a chemical treatment against *G. salaris*, it was relevant to explore which concentration ranges the fish could tolerate over time, as well as investigating the effect on the parasite at selected, relevant concentrations.

During august 2020, two concurrent experiments were conducted to better understand the tolerance limit of chloramine to the fish and the effect on *G. salaris*.

In the tolerance limit experiment, three groups of juvenile trout were exposed to average concentrations of active chlorine of 45 (Cl-low), 78 (Cl-medium) and 104 (Cl-high) µg/l, respectively. The individual tolerance limit (time until death) was in this experiment defined as the time before the fish experienced balance-loss (when it was no longer able to maintain normal swimming) . Of the 60 trout in the tolerance limit experiment, a total of 29 experienced balance-loss or death during the experiment period (one in the Cl-low group, 11 in the Cl-medium group and 17 in the Cl-high group). In the Cl-high group, the first three fishes died after 54 hours (2,25 days), whereas the first two fishes in the Cl-medium group died after 64 and 65 hours (2,7 days).

In the effect-experiment, two groups of salmon infected with *G. salaris* were exposed to average concentrations of 21 (Gyro low) and 41 (Gyro high) µg active chlorine per liter, respectively. In both groups, all individuals of *G. salaris* were eliminated after four days of exposure. Simultaneously, an increase in number of parasite individuals was observed in a parallel control group which was not exposed to chloramine.

Based on the experiments, it was concluded that chloramine as a treatment chemical against *G. salaris* has a wider therapeutic window and entails less fine-tuning of dosage as well as fewer dosage points compared to the aluminum method.

The knowledge of the therapeutic window for chloramine as a chemical for treatment against *G. salaris* is improved, and the results are promising before a possible full-scale treatment of the river-system.

1 Introduksjon

Lakseparasitten *G. salaris* er ansett som en stor trussel mot norsk villaks og myndighetene har som mål å utrydde den fra alle områder hvor den er etablert (Anon 2014). Etter flere år med innsats i form av kjemisk bekjempelse er status mot slutten av 2020 at parasitten kun er kjent forekommende i åtte vassdrag fordelt på to smitteregioner; Drammensregionen og Drivaregionen (Hytterød mfl. 2020). Rotenon har vært det mest brukte kjemikaliet for å utrydde *G. salaris*, men i løpet av de senere år har det vært fokus på å utvikle alternative metoder basert på andre kjemikalier. Fra tidligere har laboratorieforsøk vist at lav konsentrasjon av hypokloritt kunne fjerne *G. salaris* fra laksunger i løpet av kort tid og uten synlige negative effekter på fisken (Hagen mfl. 2014). På bakgrunn av dette er det gjort betydelig innsats for å utvikle en bekjempelsesmetode basert på klor i form av monokloramin (se Hagen mfl. 2018, Hagen mfl. 2019a,b, Hagen mfl. 2021, Hytterød mfl. 2021).

En behandling basert på kloramin som hovedkjemikalium vil foregå ved at det doseres med en nominell mengde til hovedelva. I løpet av svært kort tid reagerer kloramin med forskjellige stoffer i elvevannet og etterlater en fraksjon av klor som vil utgjøre den reelle behandlingkonsentrasjonen umiddelbart etter tilsetning. Med transport nedover elva vil denne konsentrasjonen avta som følge av videre reaksjoner med stoffer i elvevannet i tillegg til fortykning fra tilsig av ubehandlet vann (for eksempel grunnvann). Nedover elveløpet vil det derfor være behov for påfriskningsstasjoner med tilførsel av nytt kloramin. I prinsippet vil den samme typen behandling, om enn i mindre skala, gjennomføres for alt rennende vann som tilføres elva på behandlingsstrekningen, slik som fra sidebekker.

Doseforskjellen mellom det som tar livet av parasitten og det som tar livet av verten omtales gjerne som det terapeutiske vinduet for kjemikaliet. Under en fullskala behandling med klor i et vassdrag, der målet er å utrydde *G. salaris*, vil det være avgjørende å inneha god kunnskap om de øvre og nedre klorkonsentrasjonsgrensene av det terapeutiske vinduet. Det er ønskelig å bruke så høy konsentrasjon som mulig av hensyn til effekten på parasitten. En øking av konsentrasjonen må imidlertid avveies mot de negative effektene dette vil ha på fisken.

Gjennom tidligere forsøk (Hagen mfl. 2014, Hagen mfl. 2018, Hagen mfl. 2019a,b, Hagen mfl. 2021, Hytterød mfl. 2021) har det ikke blitt observert at verken voksen laks eller laksunger påvirkes vesentlig negativt ved eksponering av klorholdig vann i det som er ansett som en behandlingsrelevant konsentrasjon (10-30 µg/l) i opptil 14 dager, mens parasitten forsvinner etter fire til ni dager. Fra disse undersøkelsene foreligger det derfor en del kunnskap om effekten av klorkonsentrasjoner som ligger innenfor det terapeutiske vinduet, men utstrekningen av det terapeutiske vinduet har ikke vært kjent. For å utvide den eksisterende kunnskapen om det terapeutiske vinduet ved bruk av kloramin som behandlingkjemikalium mot *G. salaris* var det derfor relevant å undersøke hvor høye konsentrasjoner av klor fisken tålte over tid, i tillegg til å undersøke effekten på parasitten ved et utvalg av relevante konsentrasjoner.

På sensommeren 2020 ble det gjennomført to samtidige forsøk for å belyse tålegrense hos fisk og dose-respons hos *G. salaris*. Begge forsøkene ble designet for å få kunnskap som senere skal komme til praktisk anvendelse i forbindelse med en eventuell behandling av Driva.

2 Metode

Forsøkene ble gjennomført i perioden 11. til 23. august 2020 ved elva Driva. Laksen i elva er infisert med *Gyrodactylus salaris*. Hensikten med forsøkene var å utvide den eksisterende kunnskapen om det terapeutiske vinduet ved bruk av kloramin som behandlingsskjemikalium mot *G. salaris*. Det ble gjennomført et tålegrenseforsøk hvor tre grupper av ørretunger ble holdt i vann med forskjellige konsentrasjoner av tilsatt kloramin. I tillegg ble det gjennomført et effektforsøk hvor to grupper av *G. salaris*-infiserte laksunger ble eksponert for kloramin og en gruppe gikk på rent ubehandlet vann som kontroll. Tidligere erfaring med el-fiske i Driva har vist at det kan være vanskelig å fange tilstrekkelig antall laksunger til å fylle begge forsøksoppsettene. Ettersom laks er den eneste relevante verten for *G. salaris* ble de få laksene det var mulig å få tak i med el-fiske allokert til effektforsøket, og det ble brukt ørret i tålegrenseforsøket.

2.1 Forsøkslokalitet og oppsett

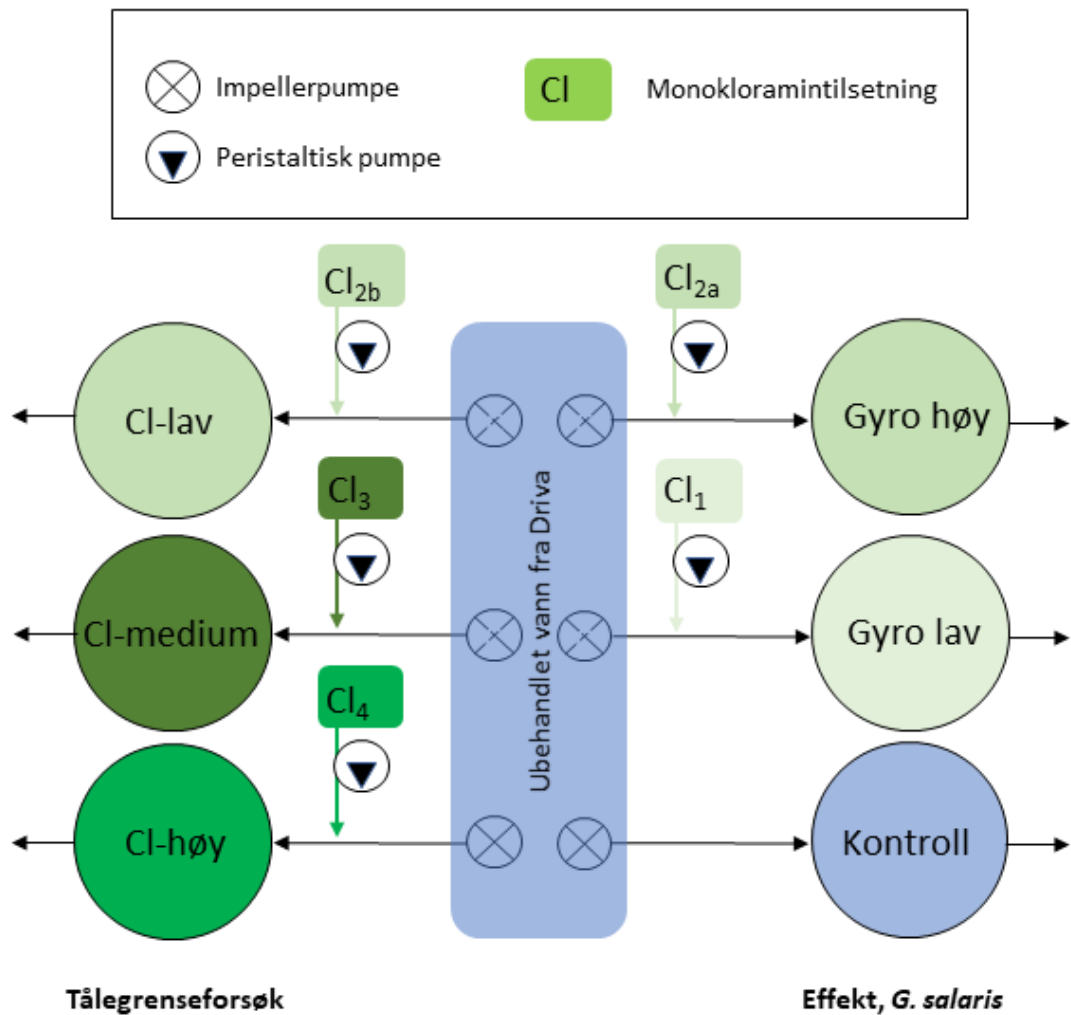
Forsøkene ble satt opp utendørs på et inngjerdet areal i tilknytning til en konstruert fysisk fiskesperre i elva Driva. Sperra er bygget ca. 25 km oppstrøms Sunndalsøra der Driva munner ut i havet. Sperra hindrer laksen i å vandre videre oppover i vassdraget og på denne måten reduseres utbredelsesområdet for laksen, og dermed også området hvor det finnes laks infisert med *G. salaris* i Driva.

De to forsøkene ble satt opp i en felles konstruksjon under et provisorisk tak (se skjematisk fremstilling i Figur 1 og bilde i Figur 2). Forsøksoppsettet ble konstruert som et system med kontinuerlig vanngjennomstrømming. Vann fra Driva ble ledet inn i et glassfiberkar (indre volum 230 l) med overløp som sikret stabil vanngjennomstrømming i forsøksperioden. Gjennomsnittstemperatur i vannet gjennom forsøksperioden var 14,7°C (minimum: 12,8°C og maksimum 16,0°C). Temperatur ble målt i overløpskaret med loggeintervall på 30 min¹. Fra overløpskaret ble vann ledet direkte ned i forsøkskarene. Kloramin ble tilsatt fra en felles doseringsløsning ved hjelp av peristaltiske pumper². Som forsøkskar ble det til tålegrenseforsøket brukt 45 liters murbøtter med en vanngjennomstrømming på 8 ± 0,5 l/min, mens det i effektforsøket ble brukt 12 liters murbøtter med en vanngjennomstrømming på 8 ± 0,5 l/min. Alle forsøkskar hadde påmontert netting foran avløpet og lokk av kryssfinér for å hindre rømming.

Til doseringsløsningen ble det brukt kloraminkonsentrasjoner på mellom 400-500 mg/l. Fra dunken med doseringsløsningen ble det pumpet 0,75 – 2,8 ml kloramin/min avhengig av gruppe og konsentrasjon på doseringsløsningen. Konsentrasjonen på doseringsløsningen tapte seg noe over tid og ble derfor byttet ut innen 1-2 døgn for å sørge for mest mulig stabil klorkjemi i karene. De tre gruppene i tålegrenseforsøket ble benevnt som CI-lav, CI-medium og CI-høy. I effektforsøket ble gruppene benevnt Gyro lav, Gyro høy og Gyro kontroll. Tabell 1 viser målkonsentrasjonen for de ulike gruppene. Målkonsentrasjonen er definert som µg klor per liter målt i vannet og ikke µg klor nominelt tilsatt. Den høyeste konsentrasjonen i effektforsøket (Gyro høy) tilsvarte den laveste konsentrasjonen i tålegrenseforsøket (CI-lav). Dette ble gjennomført ved å lede avløpsvannet direkte fra CI-lav til Gyro høy. Den korte oppholdstiden i CI-lav var antatt å ikke medføre signifikant reduksjon av kloraminkonsentrasjon i Gyro høy, noe som ble verifisert ved analyse av separate vannprøver for de to gruppene (se kapittel 2.32.3 Forsøksprotokoll).

¹ HOBO temperaturloggere; TidbiT v2, UTBI-001, Onset, Cape Cod, USA

² Watson-Marlow 323S med et 304MC femkanals kassettpumpehode



Figur 1. Skjematisk fremstilling av forsøksoppsettet høsten 2020. Forsøkene ble satt opp samtidig for å ha best mulig kontroll på kjemikaliedoseringen. Klorkonsentrasjoner som i figuren er annotert Cl-lav, Cl-medium, Cl-høy, Gyro lav, Gyro høy og Kontroll er nærmere spesifisert i teksten. Den høyeste konsentrasjonen i effektforsøket (Gyro høy) tilsvarte den laveste konsentrasjonen i tålegrenseforsøket, og disse fikk derfor dosert klor fra felles pumpe (klordosering i figuren merket henholdsvis Cl_{2a} og Cl_{2b}).



Figur 2. Bilde av forsøksoppsettet høsten 2020. Et overløpskar (øverst til venstre) sikret stabil vanntilførsel til karene i henholdsvis tålegrenseforsøket (bakre rekke av murstamper) og effektforsøket (fremre rekke). Pumper forsynte forsøkskarene med kloramin fra en felles doseringsløsning (oppe til høyre). Den høyeste konsentrasjonen i effektforsøket tilsvarte den laveste konsentrasjonen i tålegrenseforsøket, og disse fikk derfor dosert klor fra felles pumpe (venstre side i oppsettet). Foto: K. Olstad/NINA

Tabell 1. Målkonsentrasjoner for hver enkelt av forsøksgruppene i tålegrenseforsøket og effektforsøket høsten 2020.

| Gruppe | Forsøk | Målkonsentrasjon ($\mu\text{g klor/l}$) |
|---------------|------------------|---|
| Cl-Lav | Tålegrenseforsøk | 45 |
| Cl-Medium | Tålegrenseforsøk | 75 |
| Cl-Høy | Tålegrenseforsøk | 100 |
| Gyro Lav | Effektforsøk | 22 |
| Gyro Høy | Effektforsøk | 45 |
| Gyro Kontroll | Effektforsøk | 0 |

2.2 Forsøksfisk

Av praktiske hensyn falt valget av forsøksfisk til tålegrenseforsøket på ørretunger som var fanget ved hjelp av el-fiske. Til effektforsøket ble det brukt laksunger fanget ved el-fiske i Driva, og som allerede var infisert med *G. salaris*. Fra 07. til 10. august ble det fisket 60 ørretunger og 30 laksunger ved hjelp av el-fiskeapparat på strekningen mellom fiskesperra og ned til Vermøy. Fiskene ble fraktet i bøtter med friskt ellevann tilbake til forsøkslokaliteten ved fiskesperra i Driva hvor de ble tilfeldig fordelt i to 90 liters murstamper med god gjennomstrømning av friskt ellevann i påvente av forsøksstart. Fisken ble ikke føret gjennom forsøket. Fordelingen av fisk i forsøkskarene er vist i Tabell 2.

Tabell 2. Antall laksunger og gjennomsnittlig lengde, minimumslengde og maksimumslengde per gruppe i tålegrenseforsøket og effektforsøket høsten 2020.

| Gruppe | Art | n | Snittlengde | Min. lengde | Maks. lengde |
|---------------|-------|----|-------------|-------------|--------------|
| Cl-Lav | Ørret | 20 | 119,4 | 85 | 179 |
| Cl-Medium | Ørret | 20 | 118,8 | 91 | 166 |
| Cl-Høy | Ørret | 20 | 127,9 | 85 | 182 |
| Gyro Lav | Laks | 10 | 70,0 | 38 | 91 |
| Gyro Høy | Laks | 10 | 80,2 | 40 | 119 |
| Gyro Kontroll | Laks | 10 | 54,6 | 37 | 91 |

2.3 Forsøksprotokoll

Tålegrenseforsøket og effektforsøket hadde felles oppstart den 11. august. Før forsøksstart ble klordoseringen testet uten at det var satt fisk i forsøkskarene. Ved forsøksstart ble det fordelt 20 ørretunger til hver av de tre forsøkskarene i tålegrenseforsøket og 10 laksunger i hver av karene til effektforsøket før kjemikaliedoseringen ble igangsatt. Øvrig forsøksprotokoll er beskrevet nedenfor.

2.3.1 Vannkjemiske analyser

På grunn av vannkjemiske endringer i ellevannet og naturlig reduksjon av klorkonsentrasjonen i doseringsløsningen måtte det under forsøket foretas daglige justeringer for å holde konsentrasjonen så stabil og nær målkonsentrasjonen som mulig. De valgte målkonsentrasjonene var derfor å regne som nominelle. I eksponeringsperioden ble det tatt vannprøver for analyse av klorkonsentrasjon minimum én gang per dag. Prøvene ble tatt fra avløpsvannet fra alle seks forsøkskarene. Det ble også

tatt daglig vannprøve av råvannet fra overløpskaret. Denne prøven fungerte som en referanseprøve. Vannprøvene ble analysert for klor umiddelbart i feltlaboratoriet som var etablert i tilknytning til forsøkslokaliteten. Hver prøve ble filtrert til tre parallelle gjennom et membranfilter med porestørrelse 0,45 µm. Filtratet (25 ml) ble tilsatt 150 µl fosfatbuffer³ og deretter ristet før 0,15 ml av en fargereagens basert på N,N-dietyl-p-fenylendiaminsulfat (DPD)⁴ ble tilsatt. Til slutt ble alle prøvene tilsatt én dråpe kaliumjodid og ristet. Prøvene sto deretter én time beskyttet fra direkte sollys før absorbans av lys med bølgelengde 510 nm ble målt med et Shimadzu UV1240 mini-spektrofotometer i kyvetter med 5 cm lysvei. Målt absorbans i referansevannet ble trukket fra og differansen ble brukt til å beregne klorkonsentrasjonen (aktiv klor) basert på en standardkurve. Standardene ble laget ferske hver morgen ved å fortynne en klorkløringsløsning med kjent klorkonsentrasjon i 50 ml MilliQ vann. Deretter ble 0,3 ml fosfatbuffer og 0,3 ml DPD tilsatt til alle prøvene. Standardprøvene ble ristet etter tilsetning av hvert kjemikalium før de ble satt mørkt i 15 minutter. Absorbans ble deretter avlest i spektrofotometeret. Eventuelle avvik i klorkonsentrasjon ble korrigert ved å justere pumpene opp eller ned før klorkonsentrasjonen ble målt på nytt.

Gjennom kloresponeringsperioden ble ledningsevne og turbiditet målt daglig i råvannet til forsøksoppsettet ved bruk av en håndholdt 600 multiparametersonde. Ledningsevnen lå mellom 22,0 og 28,0 µs/cm med en gjennomsnittsverdi på 26,2 µs/cm. Turbiditeten (målt som NTU) lå mellom 0,70 og 1,40 og hadde en gjennomsnittsverdi på 0,92.

2.3.2 Tålegrenseforsøk

I tålegrenseforsøket var formålet å belyse hvor store doser av klor fisken tålte før de begynte å dø. Forsøket ble satt opp med tre eksponeringsgrupper med forskjellige konsentrasjoner av klor. Tålegrensen for hver enkelt fisk skulle i prinsippet tilsvare tidspunkt for død, men ble av dyrevelferdsmessige hensyn definert som antall timer fisken ble eksponert for klorholdig vann før tap av likevekt (tap av likevekt var ansett som kriterium for humant endepunkt).

Tap av likevekt ble definert til å innebære at fisken ikke lenger evnet å svømme naturlig, men svømte med siden eller buken i været, eventuelt ble liggende urørlig. Tidspunkt for tap av likevekt ble notert og den individuelle fisken ble tatt ut av forsøket og avlivet. I tillegg ble fiskens lengde målt til nærmeste millimeter, og det ble notert generelle observasjoner av adferd og eventuelle avvik fra normal morfologi. Fiskene i tålegrenseforsøket ble innsisert jevnlig og med maksimalt to timers mellomrom i tidsrommet mellom klokken 08 og 21 hver dag gjennom forsøket. I tilfeller hvor fisken ble funnet død i forsøkskaret ved første inspeksjon om morgenen ble dødstidspunkt prinsipielt satt til klokken 03 om natten.

I tillegg til å bestemme tålegrense i henhold til prosedyren nevnt ovenfor, ble det gjort visuelle observasjoner med tanke på eventuelle adferdsendringer.

2.3.3 Effektforsøk

Før forsøksstart ble antall *G. salaris* på hver av laksungene bestemt ved telling i en stereolupe (Leica MZ 7_s, 10x-15x forstørrelse). Før telling ble fisken bedøvet i bad med FinquelVet (100 mg/l) i ca. fire minutter. Under selve tellingen av parasitter ble fisken holdt i plastkar med vedlikeholdskonsentrasjon av FinquelVet (halv dose av bedøvelseskonsentrasjon). Etter telling av *G.*

³30 g dinatriumhydrogenfosfat, 46 g kaliumdihydrogenfosfat og 0,8 g EDTA i 1 liter MilliQ

⁴ 1,5 g DPD, 2 ml konsentrert svovelsyre og 0,2 g EDTA i 1 liter MilliQ

salaris ble laksungene overført fra bedøvelsesløsningen til et lite kar med friskt vann, og det ble påsett at fisken våknet fra bedøvelsen før de ble tilbakeført til sine respektive forsøkskar. Telling av antall *G. salaris* for all fisk i Gyro lav, Gyro høy og kontroll ble deretter gjort etter to dager (13. august) og etter fire dager (15. august) med kloeksponering. På dag fire var det ikke igjen noen parasitter i noen av eksponeringskarene (Gyro lav og Gyro høy), og forsøket ble derfor avsluttet etter telling 15. august.

I løpet av forsøket ble laksungene inspisert to ganger daglig, morgen og kveld, i tillegg til tidspunktene for undersøkelse som nevnt ovenfor. Ved disse inspeksjonene ble det gjort observasjoner med tanke på eventuelle adferdsendringer og dødelighet i karene.

3 Resultater

3.1 Vannkjemiske analyser

På grunn av variasjon i doseringsløsningen og tidvis noe luft i tilførselsslengene varierte klorkonsentrasjonen i forsøkskarene noe over tid. Klorkonsentrasjoner i forsøkskarene er derfor oppgitt som døgngjennomsnitt i Tabell 3 for begge forsøksoppsettene. I tålegrenseforsøket var gjennomsnittsverdien for døgngjennomsnittene 45,1, 77,9 og 104,1 µg/l i henholdsvis CI-lav, CI-medium og CI-høy. Tilsvarende var gjennomsnittene i effektforsøket 20,5 og 41,1 µg/l i henholdsvis Gyro lav og Gyro høy. På grunn av problemer med analysene er det ikke oppgitt døgngjennomsnitt for det femte døgnet i tålegrenseforsøket. De lave verdiene på dag 7 skyldtes for lav konsentrasjon i doseringsløsningen denne dagen.

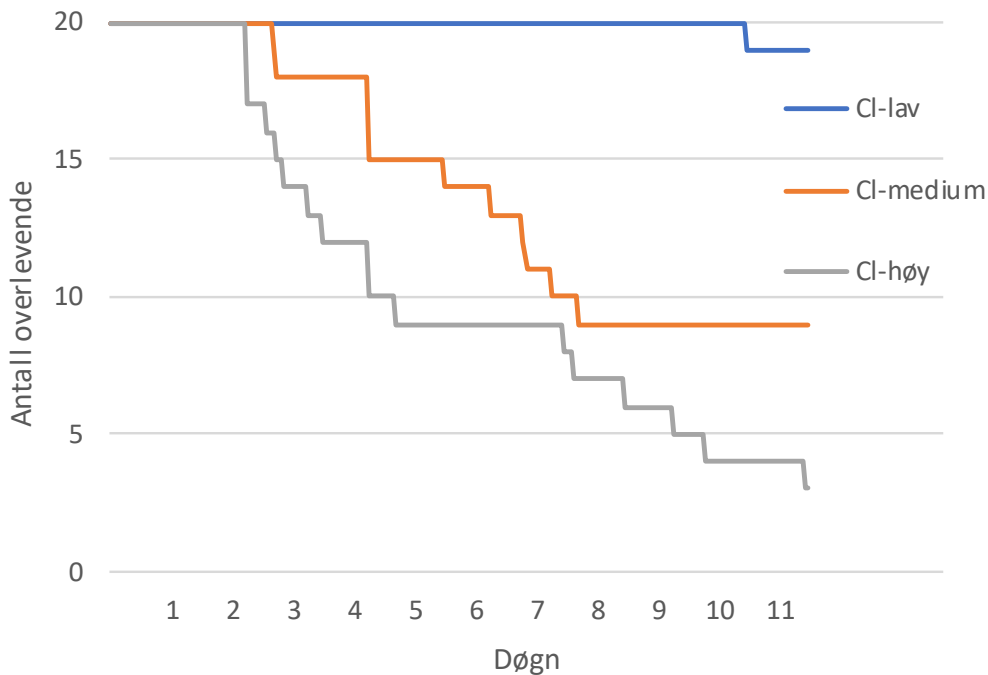
Tabell 3. Døgngjennomsnitt for klorkonsentrasjon (µg/l) i de forskjellige forsøkskarene i tålegrenseforsøket (CI-lav, CI-medium og CI-høy) og i effektforsøket (Gyro lav og Gyro høy).

| Døgn | CI-lav | CI-medium | CI-høy | Gyro lav | Gyro høy |
|------|--------|-----------|--------|----------|----------|
| 1 | 45 | 81,1 | 118,7 | 24 | 44,5 |
| 2 | 39,5 | 74 | 104 | 20 | 38 |
| 3 | 43 | 76 | 95 | 19 | 41 |
| 4 | 40 | 77 | 106 | 19 | 41 |
| 5 | | | | | |
| 6 | 45 | 79 | 110 | | |
| 7 | 24 | 58 | 71 | | |
| 8 | 45,5 | 81 | 104 | | |
| 9 | 57,5 | 83 | 111,5 | | |
| 10 | 56 | 91,5 | 120,5 | | |
| 11 | 49 | 76 | 100 | | |
| 12 | 52 | 80,5 | 104 | | |

3.2 Tålegrenseforsøk

Av de totalt 60 ørretene i tålegrenseforsøket var det til sammen 29 stykker som mistet tap av likevekt eller døde i løpet av forsøksperioden (1 i CI-Lav, 11 i CI-Medium og 17 i CI-Høy). Av disse ble 17 tatt ut av forsøket etter tap av likevekt, mens 12 døde i løpet av natten. Forløpet av overlevelseskurven fra forsøket er gitt i Figur 3. I CI-Lav døde kun en fisk i løpet av forsøket; etter 251 timer (10,5 døgn). I CI-

høy døde de tre første fiskene i løpet av natten etter 54 timer (2,25 døgn), mens de to første i CI-medium døde etter 64 og 65 timer (2,7 døgn). Av forløpet i overlevelseskurven (Figur 3) kommer det frem at halvparten av fisken i CI-høy var fjernet fra forsøket etter 102 timer (4,25 døgn), mens i CI-Medium var halvparten av fisken fjernet etter 174 timer (7,25 døgn). For begge disse forløpene fulgte en lengre periode uten dødelighet, nesten tre døgn for CI-Høy og nesten fire døgn (ut forsøksperioden) for CI-Medium.



Figur 3. Antall overlevende ørretunger over tid i eksponeringsforsøket med nominell målkonsentrasjon 45 (CI-lav), 75 (CI-medium) og 100 (CI høy) µg/l kloramin.

Forløpet i tålegrenseforsøket antydte at den minste fisken tåler kloramin dårligere enn de større. Tabell 4 viser, om enn med noe variasjon, en trend som kan tolkes som at de minste fiskene døde først, og at de største levde lengre eller overlevde forsøket. Lavt antall forsøksfisk medfører imidlertid at disse resultatene må tolkes forsiktig. Resultatene er heller ikke behandlet statistisk.

Tabell 4. Lengdefordeling sortert stigende og tid før død (Tid: timer til tap av likevekt eller til død) i hver av de tre eksponeringsgruppene i tålegrenseforsøk med nominelt 45 (CI-lav), 75 (CI-medium) og 100 (CI-høy) µg/l kloramin. Annotasjon «> 275» for fisk som overlevde forsøksperioden. Merk også fargekoding: grønn for fisk som overlevde forsøksperioden og lys rød for fisk som tapte likevekt eller døde.

| CI-høy | | CI-medium | | CI-lav | |
|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| Lengde, mm | Tid | Lengde, mm | Tid | Lengde, mm | Tid |
| 85 | 54 | 85 | 64 | 91 | > 275 |
| 86 | 61 | 89 | 164 | 93 | > 275 |
| 86 | 102 | 92 | 102 | 93 | > 275 |
| 91 | 222 | 92 | 102 | 96 | > 275 |
| 97 | 78 | 94 | 102 | 97 | > 275 |
| 99 | 54 | 96 | 132 | 99 | 251 |
| 99 | 83 | 102 | > 275 | 101 | > 275 |
| 102 | 54 | 115 | 65 | 103 | > 275 |
| 102 | 112 | 120 | > 275 | 104 | > 275 |
| 107 | 235 | 128 | > 275 | 105 | > 275 |
| 111 | 68 | 146 | 185 | 106 | > 275 |
| 111 | 183 | 148 | 174 | 107 | > 275 |
| 111 | 203 | 149 | > 275 | 122 | > 275 |
| 131 | 102 | 149 | > 275 | 129 | > 275 |
| 136 | > 275 | 152 | > 275 | 149 | > 275 |
| 155 | > 275 | 152 | > 275 | 150 | > 275 |
| 156 | 274 | 153 | 150 | 151 | > 275 |
| 165 | 65 | 155 | > 275 | 152 | > 275 |
| 178 | 179 | 159 | 163 | 161 | > 275 |
| 179 | > 275 | 182 | > 275 | 166 | > 275 |

Tre ørreter døde mellom tidspunkter for rutinemessig inspeksjon på dagtid. En generell observasjon, om enn ikke tallfestet, var at flere av fiskene mistet likevekt eller døde uten forvarsel. Det forekom flere ganger at inspeksjon en til to timer tidligere ikke ga noen indikasjon på at enkeltindivider var i ferd med miste likevekt eller å være døende.

3.3 Effektforsøk

Ved forsøksstart var prevalensen for infeksjon med *G. salaris* 100 %; det vil si samtlige 30 forsøksfisk infisert. Startinfeksjonen på laksungene i effektforsøket viste gjennomsnittlig antall *G. salaris* på 459, 647 og 167 parasitter per fisk i henholdsvis gruppene Gyro høy, Gyro lav og kontroll (Tabell 5). De høye klordosene var svært effektive, og allerede på dag to i forsøket var gjennomsnittsinfeksjonene nede på 22 *G. salaris* per fisk i Gyro lav og 0,4 i Gyro høy. På dag fire var det ingen parasitter igjen på fisken i noen av eksponeringsgruppene, mens det hele veien hadde vært en markert økning i kontrollgruppen.

Av de 30 laksungene som ble satt i forsøket var 12 stykker 0+, mens de øvrige var eldre fisk. Ved forsøksstart hadde de minste laksungene betydelig lavere antall parasitter enn de større. I løpet av forsøket forsvant til sammen 6 stk. 0+, uten at det var mulig å fastslå hva som var årsaken til dette. Sannsynlige årsaker kan være at de ble spist av de de større fiskene eller at de rømte ut gjennom

nettingen over avløpet fra fiskekarene. Fem av fiskene forsvant fra kontrollgruppen, og en forsvant fra Gyro høy (se Tabell 5).

I løpet av forsøket døde to fisk, hvorav begge i gruppen Gyro lav (se Tabell 5). Den ene av de to døde etter telling. Begge laksungene var tungt infisert av sopp, og soppinfeksjon ble derfor bedømt til å være sannsynlig dødsårsak.

Tabell 5. Gjennomsnittlig antall *G. salaris* ved angitt dag i forsøket for gruppene CI-høy, CI-lav og kontroll. Antall laks i hver gruppe på undersøkelsestidspunktet er angitt i parentes.

| | Dag 0 | Dag 2 | Dag 4 |
|----------|----------|---------|---------|
| CI-lav | 647 (10) | 22 (9) | 0,0 (8) |
| CI-høy | 459 (10) | 0,4 (9) | 0,0 (9) |
| Kontroll | 167 (10) | 493 (6) | 835 (5) |

4 Diskusjon

Det overordnende målet med Gyroklorprosjektet er å utrede om klorforbindelser kan brukes som behandling mot *G. salaris* i store laksevassdrag, uten å ta livet av fisken. Tidligere forsøk med kloramin og *G. salaris* (Hagen mfl. 2014, 2018, Hytterød mfl. 2021) har vist at parasitten forsvinner fra laksunger etter 2-6 dager ved eksponering for 7-18 µg aktivt klor/l. Tidligere undersøkelser har også vist at både laksunger og voksen laks tåler slike doser godt (Hagen mfl. 2019b, Hytterød mfl. 2021). Doseforskjellen mellom det som tar livet av parasitten og det som tar livet av verten omtales gjerne som det terapeutiske vinduet for kjemikaliet. Fra undersøkelsene nevnt ovenfor foreligger det en del kunnskap om effekten av klorkonsentrasjoner som ligger innenfor det terapeutiske vinduet, men grensene for det terapeutiske vinduet har ikke vært kjent. Forsøkene som rapporteres her gir heller ingen eksakte grenseverdier for tålegrense hos fisken når den eksponeres for kloramin, men de har gitt et godt vurderingsgrunnlag for hva fisken tåler i en praktisk behandlingssituasjon. Ved en gjennomsnittlig behandlingsskonsentrasjon på 22 µg/l ble *G. salaris* fjernet fra laksungene før det hadde gått fire dager. Samtidig viste tålegrenseforsøkene at kun en enkelt ørretunge døde i løpet av 12 dager med det dobbelte av denne konsentrasjonen (om lag 45 µg/l). Dette indikerer at kloramin som behandlingsskjemikalium mot *G. salaris* har et relativt bredt terapeutisk vindu, noe som åpner for god fleksibilitet ved fremtidig valg av behandlingsstrategi.

Tålegrenseforsøk

Til grunnforskningsformål ville det vært brukt et større antall forsøksgrupper for økt presisjon i fastsettelse av tålegrense. Likevel har resultatene fra dette forsøket gitt en bedre forståelse av rammen på det terapeutiske vinduet og dermed vil det ved valg av klordose være tilstrekkelig å operere innenfor denne marginen. Ved en kjemisk behandling med klor mot *G. salaris* er det essensielt at fiskebestanden ikke dør av behandlingen. Ved valg av klordoser til fullskala behandling vil det derfor i tillegg opereres med gode sikkerhetsmarginer med hensyn til tålegrensen.

Av hensyn til arbeidskapasitet og plassbegrensning lot det seg ikke gjøre å sette opp et tålegrenseforsøk som omfattet fisk av forskjellig størrelse og art (hhv. laks og ørret). Til dette forsøksoppsettet måtte det derfor gjøres et valg av hvilken gruppe som skulle brukes. Tidligere erfaring med el-fiske i Driva har vist at det kan være vanskelig å fange tilstrekkelig antall laksunger til forsøksformål. Ettersom laks er den eneste relevante verten for *G. salaris* ble de få laksene det var mulig å fange med el-fiske allokert til effektforsøket.

I 2019 ble det brukt voksen laks fra fiskefella i fangsthuset ved sperra som forsøksfisk (Hytterød mfl. 2021). Laksen som fanges her skal primært brukes til etablering av genbank for laksestammen i Driva, og av hensyn til dette arbeidet var det ikke aktuelt å bruke slik fisk i 2020. Når det gjelder den voksne ørreten som fanges i fella tilknyttet fiskesperra, er denne spesielt verdifull i forbindelse med stedegen bevaring av genetisk diversitet. Dermed var det heller ikke ønskelig å ta ut slik fisk til forsøksaktivitet. Valget falt derfor på ørretunger som forsøksfisk, siden disse er lett tilgjengelige ved el-fiske. Laks og ørret regnes begge for å være svært sensitive for vannkjemiske endringer som for eksempel forsuring (Polèo mfl. 1997) og det antas at tålegrensen for klorholdig vann er tilstrekkelig lik hos ørret og laks til at resultatene er relevante ved valg av klorkonsentrasjoner i en behandling. Behandling med aluminium mot *G. salaris* i norske elver har vist at voksen, gytemoden laks har lavere tålegrense enn lakseyngel for denne typen behandling (Pettersen mfl. 2007, Bardal mfl. 2008). Tidligere undersøkelser med kloramin som kjemikalium har imidlertid antydnet at små fisk kan ha lavere tålegrense enn stor fisk. Alt i alt ble det derfor vurdert at ørretunger ga en god og tilstrekkelig konservativ indikasjon på tålegrense hos fisk i vassdraget.

Fiskens tålegrense i forsøket var på forhånd definert til å tilsvare tidspunkt for fiskens tap av likevekt. I praksis innebar dette at tidspunkt for tap av likevekt ble notert og den individuelle fisken ble tatt ut av forsøket og avlivet. Et spørsmål som melder seg i denne sammenhengen er hvorvidt tap av likevekt reflekterte en situasjon som antydnet at fisken var reelt døende. Basert på generelle observasjoner fra forsøkene kom det frem at flere av fiskene mistet likevekt eller døde uten åpenbare tegn som kunne tolkes som forvarsel. For eksempel forekom det ved flere anledninger at inspeksjon en til to timer tidligere ikke ga noen indikasjon på at enkeltindivider var i ferd med miste likevekt eller å være døende. Dette tolkes som at tidsvinduet mellom synlige symptomer og død er relativt kort når fisken eksponeres for kloramin. Følgelig er det derfor også ansett som sannsynlig at tap av likevekt var et relevant mål med tanke på å reflektere tålegrense for fisken i en slik sammenheng.

I forbindelse med en behandling vil det være et generelt tiltak å observere fiskeadferd og eventuelt forekomst av død fisk i elva. Et aspekt ved det korte tidsvinduet fra tap av likevekt til død, er at det ikke kan forventes å påvise noen adferds- eller visuelt åpenbare fysiologiske symptomer eller signaler som avslører at fisken er i ferd med å dø som følge av overdosering under en behandling. Dette står i kontrast til for eksempel aluminiumbehandlinger, hvor fisk som er negativt påvirket av behandlingen viser redusert svømmeaktivitet og nedsatt fluktespons (Pettersen mfl. 2005). Overdosering i forbindelse med en fullskala behandling med klor i et vassdrag er ikke ønskelig, og det vil etterstrebes å ikke nå konsentrasjoner som medfører lidelse eller død for fisken. Det må allikevel påregnes å bruke høyere klorkonsentrasjoner i vannet enn det som i seg selv er nødvendig for å fjerne parasitten. Følgelig kan det derfor ikke utelukkes at det kan oppstå lokale soner i vassdraget med klorkonsentrasjoner som er høyere enn målkonsentrasjonen. Slike soner da trolig oppstå like nedstrøms en doseringsstasjon hvor det er dårlig innblanding i elvevannet eller en skjev fordeling av kjemikalet over elveprofilen. Imidlertid viste resultatene fra forsøket at det var enkeltindivider og ikke større mengder fisk som døde plutselig ved eksponering for moderat høye doser. Selv ved 75 µg/l kloramin, noe som i en behandlingssituasjon vil anses som ekstremt høyt, vil dødelighet i en gruppe fordele seg over flere dager. Med observasjon vil det dermed til en viss grad være mulig å

identifisere soner med for høy konsentrasjon og justere kloramindosen deretter. Selv om observasjon av adferd og død hos fisk er viktig for alle størrelsesgrupper, vil det allikevel være spesielt viktig å observere ungfisk, siden resultatene fra forsøkene her, sammen med resultater fra tidligere forsøk, antyder at ungfisk tåler eksponering for kloramin dårligere enn voksen fisk. Ungfisk representerer dessuten den mest tallrike aldersgruppen av fisk i vassdraget.

Effektforsøk

Forsøkene som ble gjennomført ved Driva i 2019 (Hytterød mfl. 2021) viste at kloraminkonsentrasjoner i vannet på 11 og 5 µg/l medførte at infeksjonen med *G. salaris* på laksungene ble redusert til henholdsvis 0 og 0,7 % av startinfeksjonen i løpet av 13 dager. Ved 11 µg/l kloramin forsvant alle parasitter mellom dag 6 og dag 9 i disse forsøkene. Disse resultatene er sammenliknbare med det som tidligere er påvist ved forsøk i elva Glitra (Hagen mfl. 2018).

Økningen i antall av *G. salaris* i kontrollgruppen var tilsynelatende svært høy i forhold til hva er observert i tilsvarende forsøk tidligere (se for eksempel Hagen mfl. 2018 og Hytterød mfl. 2021). I datamaterialet ble imidlertid gjennomsnittlig antall *G. salaris* beregnet for alle laksunger som var til stede ved telling. I kontrollgruppen forsvant fem laksunger av ukjent årsak⁵ i løpet av forsøket. Siden det var de minste fiskene (0+) med lavest infeksjon som forsvant, tilsier dette at gjennomsnittlig antall *G. salaris* var uforholdsmessig høy ved de to siste tellingene sammenliknet med den første. Totalt sett var det fortsatt en reell økning i kontrollgruppen parallelt med nedgangen i forsøksgruppene, noe som bekreftet effekten av behandlingen med kloramin.

I effektforsøket ble det tilsatt og målt svært høye konsentrasjoner av kloramin i forhold til hva som er gjort i tidligere forsøk (Hagen mfl. 2018, Hagen mfl. 2019a,b og Hytterød mfl. 2021). Gjennomsnittskonsentrasjonene i gruppene lå på 22 og 45 µg/l kloramin i henholdsvis Gyro lav og Gyro høy, noe som i begge gruppene medførte at parasitten ble fjernet på mindre enn fire dager. På grunn av lav undersøkelsesfrekvens, med telling kun annenhver dag, var det ikke mulig å fastslå eksakt tid laksungene var fri for *G. salaris*. Det var derfor ikke dekning for å utrede forskjellen i effekt mellom de to eksponeringsgruppene nærmere. I behandlingssammenheng er imidlertid resultatene tilstrekkelig til å brukes som bakgrunn i den videre utredningen av det terapeutiske vinduet ved bruk av kloramin som behandlingsskjemikalium mot *G. salaris*.

Terapeutisk vindu og praktiske implikasjoner

Ved bruk av kloramin viste resultatene fra forsøkene i 2020 at all *G. salaris* forsvant etter fire dager ved eksponering for gjennomsnittlig 22 µg/l kloramin. Videre overlevde 19 av 20 ørretunger eksponering for gjennomsnittlig 45 µg/l klor over en periode på 12 dager. Basert på disse resultatene er det rimelig å anta at en behandlingsperiode på 10 – 14 dager med 22 µg aktivt klor/l sannsynligvis ikke vil medføre dødelighet for fisk.

Kloramin som behandlingsskjemikalium mot *G. salaris* har et større terapeutisk vindu enn for eksempel surt aluminium. I 2011 og 2012 ble det gjennomført behandling med bruk av surt aluminium i Lærdalselva (Hindar mfl. 2015) som førte til at elva ble friskmeldt i 2017. Under behandlingen i 2011 og under en tidligere smittereduserende behandling i Lærdalselva i 2009 ble infiserte laksunger eksponert for ellevann fra punkter rett oppstrøms påfriskningsstasjoner som effektkontroll for behandlingen. Ved disse punktene var konsentrasjonen av behandlingsskjemikallet på sitt antatt laveste som følge av kjemisk reaksjon og fortykning. Resultatene fra disse effektundersøkelsene viste at behandlingen måtte foregå i minimum 10 dager for å fjerne all *G. salaris* i de områdene av elva som hadde de antatt laveste kjemikaliekonsentrasjonene. (Hagen mfl.

⁵ Disse fiskene hadde trolig forsvunnet ut gjennom avløpet. Predasjon fra større laksunger kan også være en mulig forklaring.

2010, Hindar mfl. 2015). Samtidig er det verdt å merke seg at de høyeste konsentrasjonene i elva, altså rett nedstrøms doseringsstasjonene, var nær det maksimale av hva fisken kunne tåle innenfor behandlingsperioden.

Det terapeutiske vinduet med klor som behandling kjemikalium krever mindre finjusteringer av dose og færre doseringspunkt sammenlignet med aluminiumsmetoden. Desto mer klor som doseres til elva fra hvert doseringspunkt, desto lenger avstand mellom doseringsstasjonene nedover vassdraget er det mulig å ha. Høyere klordoser vil bruke lenger tid på å brytes ned til nedre grense av det som regnes å være innenfor behandlingsrelevant dose (for eksempel 10 – 15 µg/l). Færre doseringspunkt vil medføre blant annet lavere kostnader og mindre logistikk i en behandling, noe som igjen vil øke sjansen for å lykkes. Kunnskapsgrunnlaget om det terapeutiske vinduet for klor som kjemikalium i behandling mot *G. salaris* har blitt styrket og resultatene er lovende før en mulig fullskala behandling i Driva.

5 Referanser

- Anon. 2014. Handlingsplan mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* for perioden 2014-2016. Miljødirektoratet 2014. 114 s.
- Bardal, H., Sandodden, R., Stensli, J.H. (2008) Tiltak mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalsregionen i 2008. Veterinærinstituttets rapportserie 10-2009. Oslo: Veterinærinstituttet; 2009. 24 s.
- Hagen, A.G., Kjøsnes, A.J., Høgberget, R., Hytterød, S., Olstad, K. & Hindar, A. 2010. Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2009. NIVA-rapport 5943-2010, 35 s.
- Hagen, A.G., Becsan, I., Escudero, C., Garmo, Ø., Grønneberg, E., Hansen, P.S., Holter, T., Hytterød, S., Martínez-Francés, E., Olstad, K., Ribiero, A.L. & Rusch, J. 2021. Forsøksbehandling med monokloramin mot *Gyrodactylus salaris* i elva Driva. NIVA-rapport 7475-2021. 41 s.
- Hagen, A.G., Hytterød, S., & Olstad, K. 2014. Low concentrations of sodium hypochlorite affect population dynamics in *Gyrodactylus salaris* (Malmberg, 1957); Practical guidelines for the treatment of the Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) parasite. Journal of Fish Diseases 37, 1003-1011.
- Hagen, A.G., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø., Darrud, M., Holter, T. & Martinez-Francés, E. 2019a. Utvikling av klormetoden mot *Gyrodactylus salaris*. Feltforsøk i Batnfjordelva. NIVA-rapport 7359-2019. 44 s.
- Hagen, A.G., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø., Darrud, M., Holter, T., Martinez-Francés, E., Höglund, E., Uhlig, S., Fæste, C.K., Ivanova, L. & Gjessing, M. 2019b. Effekter på laks (*Salmo salar*) ved eksponering for monokloramin. NIVA-rapport 7358-2019. 37 s.
- Hagen, A.G., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø., Darrud, M., Holter, T., Svendsen, J., Mo, T.A., Escudero, C., Martinez-Francés, E. & Gjessing, M. 2018. Forsøksbehandling med monokloramin mot *Gyrodactylus salaris* i elva Glitra. NIVA-rapport 7238-2018. 27 s.
- Hindar, A., Hagen, A.G., Hytterød, S., Høgberget, R., Moen, A. & Olstad, K. 2015. Tiltak med AIS for utryddelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva i 2011 og 2012. NIVA-rapport 6701-2015. 75 s.
- Hytterød, S., Fornes, G. J., Larsen, S., Mohammad, S. N., Darrud, M., Rolén, E., Welde, H. I., Svendsen, J., Soleim, K. B. and Hansen, H. 2020. The surveillance programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway 2019. Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2019. Oslo: Norwegian Veterinary Institute 2020. 6 s.
- Hytterød, S., Olstad, K., Holter, T., Rusch, J., Garmo, Ø., Gjessing, M., Kraugerud, M. & Hagen, A.G. 2021. Effekter av kloramineksposering på stor, voksen laks (*Salmo salar*). NIVA-rapport 7476-2021. 29 s.
- Pettersen, R.A., Hytterød, S., Mo, T.A., Poléo, A.B.S., Hagen, A.G., Flodmark, L.E.W., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A. &

Lydersen, E. (2005). Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005. NIVA- rapport 5169-2006. 24s.

Pettersen, R.A., Hytterød, S., Mo, T.A., Hagen, A.G., Flodmark, L.E.W., Høgberget, R., Olsen, N., Kjøsnes, A.J., Øxnevad, S., Håvardstun, J., Kristensen, T., Sandodden, R., Moen, A. & Lydersen, E. (2007). Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2005/2006 – Sluttrapport (2007) NIVA- rapport 5349-2007. 27 s.

Polò, A.B.S., Østbye, K., Øxnevad, S.A., Andersen, R.A., Heibo, E. & Vøllestad, L.A. (1997). Toxicity of acid aluminium-rich water to seven freshwater fish species: A comparative laboratory study. Environ. Pollut. 96, 129-139.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no