

1456

NINA Rapport

## Kan *Gyrodactylus salaris* utryddes fra Drammensregionen?

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for Drammensregionen

Kjetil Hindar, Tor Atle Mo, Morten Eken, Anders Gjørwad Hagen, Sigurd Hytterød, Roar Sandodden, Asbjørn Vøllestad og Knut Ola Aamodt



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig..

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

# Kan *Gyrodactylus salaris* utryddes fra Drammensregionen?

Sluttrapport fra arbeidsgruppen for Drammensregionen

Kjetil Hindar, leder, Norsk institutt for naturforskning

Tor Atle Mo, sekretær, Norsk institutt for naturforskning

Morten Eken, Buskerud fylkeskommune

Anders Gjørwad Hagen, Norsk institutt for vannforskning

Sigurd Hytterød, Veterinærinstituttet

Roar Sandodden, Veterinærinstituttet

Asbjørn Vøllestad, Universitetet i Oslo

Knut Ola Aamodt, Norges vassdrags- og energidirektorat

Hindar, K., Mo, T. A., Eken, M., Hagen, A. Gjørwad, Hytterød, S., Sandodden, R., Vøllestad, A. & Aamodt, K. O. 2018. Kan *Gyrodactylus salaris* utryddes fra Drammensregionen? - Sluttrapport fra arbeidsgruppen for Drammensregionen. NINA Rapport 1456. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, Drammen, Oslo, mai 2018

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3187-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Kjetil Olstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Administrerende direktør Norunn S. Myklebust (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

M1045 | 2018, kontraktsnummer 16080089

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Anne Kristin Jøranlid

FORSIDEBILDE

Feltarbeid nedstrøms Hellefoss i Drammenselva.

Foto: Tor Atle Mo

NØKKEWORD

- Drammensregionen (Buskerud og Vestfold)
- Drammenselva
- Lierelva
- Sandeelva
- Drammensfjorden
- *Gyrodactylus salaris*
- laks
- *Salmo salar*
- utryddelse
- kjemisk behandling

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Torgarden  
7485 Trondheim  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Tromsø**

Postboks 6606 Langnes  
9296 Tromsø  
Tlf: 77 75 04 00

**NINA Lillehammer**

Vormstuguvegen 40  
2624 Lillehammer  
Tlf: 73 80 14 00

**NINA Bergen**

Thormøhlens gate 55  
5006 Bergen  
Tlf: 73 80 14 00

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Hindar, K., Mo, T. A., Eken, M., Hagen, A. Gjørwad, Hytterød, S., Sandodden, R., Vøllestad, A. & Aamodt, K. O. 2018. Kan *Gyrodactylus salaris* utryddes fra Drammensregionen? - Sluttrapport fra arbeidsgruppen for Drammensregionen. NINA Rapport 1456. Norsk institutt for naturforskning.

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* er en av de alvorligste truslene mot villaksen i Norge. Bekjempelse av parasitten har derfor høy prioritet. Målet er å bli kvitt parasitten der dette er mulig, samtidig som risikoen for smittespredning til nye elver og regioner reduseres. Kjemisk behandling i kombinasjon med fiskesperrer, har de seneste årene dannet grunnlaget for bekjempelsesarbeidet, som har ført til færre infiserte vassdrag og redusert spredningsrisiko. I handlingsplanen mot *G. salaris* 2014-2016, utarbeidet av Miljødirektoratet og Mattilsynet, heter det at det er utarbeidet planer for utryddelse av *G. salaris* fra alle infiserte vassdrag med unntak av de tre smittede vassdragene i Drammensregionen. Der var forslaget å foreta nødvendige utredninger og undersøkelser med hensyn på muligheten for å utrydde parasitten. En arbeidsgruppe ble oppnevnt av Miljødirektoratet i 2015 og denne rapporten redegjør for arbeidsgruppens vurderinger.

Arbeidsgruppen fikk som mandat å gå gjennom alle tilgjengelige alternativer og muligheter for å utrydde parasitten fra Drammensregionen, beskrive hvilke strategier og metoder som kan benyttes, vurdere sannsynligheten for å lykkes med bekjempelse av *G. salaris* i smitteregionen og beregne kostnadene ved de ulike strategiene/metodene. I 2017 presiserte Miljødirektoratet at arbeidsgruppen i tillegg til å vurdere rotenonmetoden og aluminiumsmetoden, som er de to metodene som har vært brukt mot *G. salaris*, også skulle foreta en vurdering av klormetoden som ennå er på forsøksstadiet.

Arbeidsgruppen har vurdert Drammensfjorden med sitt ferskvannslag og forekomst av infiserte laksunger langt fra nærmeste elvemunning som den største utfordringen med tanke på å utrydde *G. salaris* fra regionen. En annen stor utfordring er det artsrike fiskesamfunnet i regionen med ferskvannsfiskearter med til dels dårlig kjent biologi som må bevares under bekjempelse av parasitten. De andre utfordringene som er identifisert i regionen, mener arbeidsgruppen kan løses gjennom en detaljplanlegging tilsvarende de som har gått forut for tidligere aksjoner mot *G. salaris*.

På denne bakgrunn mener arbeidsgruppen at det er sannsynlig at *G. salaris* kan utryddes fra Drammensregionen med kjent metodikk, men at det forut for en kjemisk behandling må skje en kunnskapsinnhenting som gir trygghet for at de store utfordringene som arbeidsgruppen har identifisert, kan håndteres på en sikker måte.

Blant viktige strategier og tiltak som forvaltningen bør vurdere, fremhever arbeidsgruppen flere gjentatte behandlinger enn det som hittil har vært vanlig, utprøving av ny metodikk som kan redusere forekomsten av parasitten, tiltak som reduserer behandlingsområdet, og tiltak som reduserer antallet laksunger i området som skal behandles.

Arbeidsgruppen mener at *G. salaris* kan utryddes både med rotenonmetoden, som har utryddet *G. salaris* fra en rekke vassdrag og smitteregioner i Norge, og med aluminiumsmetoden som ble brukt til å utrydde *G. salaris* fra Lærdalselva. Det ulike erfaringsgrunnlaget for de to metodene

tilsier at rotenonmetoden har størst sannsynlighet for å bekjempe *G. salaris* med dagens kunnskap, og er enklere logistisk enn aluminiumsmetoden. Rotenonmetoden er imidlertid forbundet med de største ulempene for fiskesamfunnene.

For klormetoden finnes det ennå ikke noe erfaringsgrunnlag fra fullskala behandlinger. Klormetoden har gitt lovende resultater i laboratoriet med vann fra Drammenselva og i tester i Glitra. Arbeidsgruppen påpeker at dersom klormetoden viser lovende resultater i videre uttesting i stor skala, kan den bli minst like effektiv som aluminiumsmetoden. Denne uttestingen bør være en del av den kunnskapsinnhenting som bør utføres før det kan tas en endelig beslutning om strategier, tiltak og metodikk for å utrydde *G. salaris* fra Drammensregionen.

*Arbeidsgruppen har bestått av:*

Kjetil Hindar, Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim.  
E-post: [Kjetil.Hindar@nina.no](mailto:Kjetil.Hindar@nina.no)

Tor Atle Mo, Norsk institutt for naturforskning, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo.  
E-post: [Tor.Mo@nina.no](mailto:Tor.Mo@nina.no)

Morten Eken, Buskerud fylkeskommune, Postboks 3563, 3007 Drammen.  
E-post: [Morten.Eken@bfk.no](mailto:Morten.Eken@bfk.no)

Anders Gjørwad Hagen, Norsk institutt for vannforskning, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo.  
E-post: [Anders.Hagen@niva.no](mailto:Anders.Hagen@niva.no)

Sigurd Hytterød, Veterinærinstituttet, Postboks 750 Sentrum, 0106 Oslo.  
Epost: [Sigurd.Hytterod@vetinst.no](mailto:Sigurd.Hytterod@vetinst.no)

Roar Sandodden, Veterinærinstituttet, Postboks 5695 Torgarden, 7485 Trondheim.  
E-post: [Roar.Sandodden@vetinst.no](mailto:Roar.Sandodden@vetinst.no)

Asbjørn Vøllestad, Universitetet i Oslo, Postboks 1066 Blindern, 0316 Oslo.  
E-post: [Asbjorn.Vollestad@ibv.uio.no](mailto:Asbjorn.Vollestad@ibv.uio.no)

Knut Ola Aamodt, Norges vassdrags- og energidirektorat, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo.  
E-post: [knaa@nve.no](mailto:knaa@nve.no)

## Abstract

Hindar, K., Mo, T. A., Eken, M., Hagen, A. Gjørwad, Hytterød, S., Sandodden, R., Vøllestad, A. & Aamodt, K. O. 2018. Can *Gyrodactylus salaris* be eradicated in the Drammen Region? - Final report from the working group for the Drammen Region. NINA Report 1456. Norwegian Institute for Nature Research.

The ectoparasite *Gyrodactylus salaris* is one of the most serious threats to wild Atlantic salmon in Norway. The combat against the parasite therefore has a high priority. The goal is to eradicate the parasite where it is possible, and at the same time reduce the risk of the parasite spreading to new rivers and regions. Chemical treatment in combination with salmon weirs have during the last years formed the basis for combatting the parasite. This has led to fewer infected rivers and a reduced risk of spreading. In the action plan against *G. salaris* for the years 2014-2016, made by the Norwegian Environment Agency and the Norwegian Food Safety Authority, it is stated that there are plans to eradicate *G. salaris* from all infected watercourses in Norway, except three watercourses in the Drammen Region. For this region, the management authorities suggested to carry out necessary investigations with respect to assessing the possibility of eradicating the parasite. A working group was appointed by the Environment Agency in 2015. This report describes the results of the assessment carried out by the working group.

The mandate of the working group was to go through the available alternatives and possibilities to eradicate the parasite from the Drammen Region, describe possible strategies and methods to accomplish this, evaluate the likelihood of successful eradication of *G. salaris* from the region and estimate the costs for the available strategies and methods. In 2017, the Environment Agency clarified the mandate by requesting that in addition to evaluating rotenone treatment and aluminium treatment, which have been the two methods in use up until now, the working group should also evaluate the chloramine method which is still in a research-and-development stage.

The Drammen Fjord with its freshwater layer that harbour infected Atlantic salmon juveniles at considerable distances from the infected rivers is viewed by the working group as the biggest challenge with respect to eradicating *G. salaris* from the region. Another big challenge is to eradicate the parasite while protecting the high number of fish species in the region, some of which have a poorly known biology and distribution. The working group considers that other challenges having been identified in the region can be solved during the detailed planning period that traditionally has been carried out prior to actions to eradicate the parasite.

The working group believes it is possible to eradicate *G. salaris* from the Drammen Region with known methodology, given that new knowledge is accumulated prior to chemical treatment so that the challenges that have been identified by the working group can be handled in a secure way.

The working group suggests that the management authorities consider the following strategies and methods: a higher number of chemical treatment periods, tests of new methodology that can reduce the abundance of the parasite, actions that reduce the area that needs chemical treatment, and actions that reduce the number of Atlantic salmon juveniles in the treated area.

The working group believes that *G. salaris* can be eradicated from the region with both the rotenone method and the aluminium method. The former has been used to eradicate *G. salaris* from several rivers and regions in Norway whereas the latter was used to eradicate *G. salaris* from

River Lærdalselva. The different experience for the two methods suggests that the rotenone method has the highest likelihood of eradicating *G. salaris* based on current knowledge, and it is also logistically simpler than the aluminium method. However, the rotenone method is also associated with the largest damage to the fish communities in the region.

For the chloramine method there is still no experience from full scale treatment. This method has given promising results in laboratory tests with water from River Drammenselva and in on-site tests in the Glitra tributary to River Lierelva. The working group points out that if the chloramine method shows promising results in future full-scale tests, it has the potential to be at least as effective as the aluminium method. These tests should be part of the accumulation of knowledge that the working group suggests is necessary before a final decision is reached on the strategies, actions and methodology to be used for eradicating *G. salaris* from the Drammen Region.

*The working group consisted of:*

Kjetil Hindar, Norwegian Institute for Nature Research, P.O.Box 5685 Torgarden, 7485 Trondheim. E-mail: [Kjetil.Hindar@nina.no](mailto:Kjetil.Hindar@nina.no)

Tor Atle Mo, Norwegian Institute for Nature Research, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo. E-mail: [Tor.Mo@nina.no](mailto:Tor.Mo@nina.no)

Morten Eken, Buskerud County Council, P.O.Box 3563, 3007 Drammen. E-mail: [Morten.Eken@bfk.no](mailto:Morten.Eken@bfk.no)

Anders Gjørwad Hagen, Norwegian Institute for Water Research, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo. E-mail: [Anders.Hagen@niva.no](mailto:Anders.Hagen@niva.no)

Sigurd Hytterød, Norwegian Veterinary Institute, P.O.Box 750 Sentrum, 0106 Oslo. E-mail: [Sigurd.Hytterod@vetinst.no](mailto:Sigurd.Hytterod@vetinst.no)

Roar Sandodden, Norwegian Veterinary Institute, P.O.Box 5695 Torgarden, 7485 Trondheim. E-mail: [Roar.Sandodden@vetinst.no](mailto:Roar.Sandodden@vetinst.no)

Asbjørn Vøllestad, University of Oslo, P.O.Box 1072 Blindern, 0316 Oslo. E-mail: [Asbjorn.Vollestad@ibv.uio.no](mailto:Asbjorn.Vollestad@ibv.uio.no)

Knut Ola Aamodt, The Norwegian Water Resources and Energy Directorate, P.O.Box 5091 Majorstua, 0301 Oslo. E-mail: [knaa@nve.no](mailto:knaa@nve.no)



# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>7</b>
<b>Forord</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>10</b>
1.1 <i>G. salaris</i> i Norge.....	10
1.2 Utryddelse av <i>G. salaris</i> i norske vassdrag.....	12
1.3 Bevaringstiltak.....	14
1.4 Handlingsplanen mot <i>G. salaris</i> .....	14
1.5 Forskning og utredningsarbeid i Drammensregionen.....	14
1.6 Organisering av denne rapporten.....	17
<b>2 Oppnevning og mandat</b> .....	<b>18</b>
<b>3 Beskrivelse av vassdragene i Drammensregionen</b> .....	<b>21</b>
3.1 Drammensvassdraget.....	21
3.2 Liervassdraget.....	24
3.3 Sandevassdraget.....	27
3.4 Modellering av vannhastighet i elvene.....	30
<b>4 Beskrivelse av Drammensfjorden</b> .....	<b>31</b>
<b>5 Fiskesamfunn</b> .....	<b>33</b>
5.1 Laks og sjøørret.....	33
5.2 Andre laksefiskarter.....	34
5.3 Andre fiskearter.....	34
<b>6 Fiskeutsettinger</b> .....	<b>37</b>
6.1 Drammensvassdraget.....	37
6.2 Liervassdraget.....	38
<b>7 Historikk for <i>G. salaris</i> i Drammensregionen</b> .....	<b>39</b>
7.1 Introduksjon av <i>G. salaris</i> til Drammensregionen.....	39
7.2 Dagens utbredelse av <i>G. salaris</i> i Drammensregionen.....	39
<b>8 Risiko for spredning av <i>G. salaris</i> fra Drammensregionen</b> .....	<b>40</b>
8.1 Gjennomførte risikoanalyser.....	40
8.2 Nærmeste lakseførende vassdrag.....	41
<b>9 Kjemiske behandlingsmetoder</b> .....	<b>43</b>
9.1 Generelt kunnskapsbehov ved kjemisk behandling.....	44
9.2 Rotenonmetoden.....	46
9.3 Aluminiumsmetoden.....	50
9.4 Klormetoden.....	56
9.5 Effekter av kjemikaliebruk på andre vannlevende organismer.....	62
<b>10 Behov for bevaring av fiskebestander</b> .....	<b>66</b>
10.1 Bevaring av laks og sjøørret.....	67
10.2 Bevaring av andre fiskearter.....	67

<b>11 Tiltak for å begrense forekomst og utbredelse til <i>G. salaris</i></b> .....	<b>71</b>
11.1 Kultiveringsvirksomhet.....	71
11.2 Sperrer for å hindre oppvandring av laks .....	71
11.3 Reduksjon av laksebestanden på lakseførende strekning.....	72
11.4 Andre smittebegrensende tiltak .....	72
<b>12 utfordringer og kunnskapshull.....</b>	<b>74</b>
12.1 Infiserte laksunger i Drammensfjorden.....	74
12.2 Fiskearter med lite kjent biologi .....	75
12.3 Gamle og lite kjente rørsystemer .....	75
12.4 Flommer i behandlingsperioden .....	75
12.5 Stilleflytende områder .....	76
12.6 Andre fiskearter som bærere av <i>G. salaris</i> .....	76
<b>13 Strategier og tiltak for Drammensregionen.....</b>	<b>78</b>
13.1 Kan <i>G. salaris</i> utryddes fra Drammensregionen? .....	78
13.2 Sannsynlighet for å lykkes.....	79
13.3 Strategier og tiltak.....	79
<b>14 Referanser .....</b>	<b>82</b>

## Forord

Denne rapporten er skrevet på oppdrag for Miljødirektoratet som i mars 2015 oppnevnte en arbeidsgruppe bestående av lokale og nasjonale eksperter på vassdrag, fisk og parasitter for å gi råd om bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i Drammensregionen.

Arbeidsgruppen har arbeidet med oppdraget i tre år, og har avholdt i alt ti møter i Drammensregionen, hvorav ett har vært med inviterte lokale kunnskapsmiljøer (Drammen høsten 2015), ett har vært bredt annonsert på forhånd (Hokksund høsten 2016) og ett har vært med en referansegruppe oppnevnt av Fylkesmannen i Buskerud (Drammen våren 2018). Arbeidsgruppen har gjennomført befaringer i Drammenselva, Lierelva og Sandevassdraget, og har også besøkt en pensjonert fisker i Drammensfjorden.

Arbeidsgruppen har så langt det har vært mulig støttet seg på publisert fagfellevurdert litteratur. Arbeidsgruppen har også funnet fram til rapporter og upubliserte notater som inneholder relevant informasjon. Der gruppen har funnet det nødvendig, har vi levert forslag til Miljødirektoratet om forskningsspørsmål som bør avklares før sluttrapporten skrives. De rapportene som er fremkommet i løpet av arbeidsgruppens arbeid, foreligger som referanser i denne rapporten.

Anne Kristin Jøranlid, Miljødirektoratet, har deltatt på flere av arbeidsgruppens møter som observatør. Ett av møtene er avholdt sammen med forskere i prosjektet Gyrofri.

Arbeidsgruppen vil takke alle som har deltatt på møtene våre og bidratt med informasjon om vassdragene, fiskebestandene og fisket i regionen. Vi takker også de berørte kommunene, miljøvernavdelingene, grunneierne, fiskeforeningene og settefiskanleggene som har bidratt med lokal og regional kunnskap, og forskerne ved ulike forskningsinstitusjoner som har delt sin kompetanse med arbeidsgruppen. Kari Sivertsen takkes for hjelp med layout.

Til slutt vil vi takke Miljødirektoratet for oppdraget. Løsningsforslagene som er beskrevet i denne rapporten er arbeidsgruppens egne.

Oslo, Drammen og Trondheim, mai 2018

Kjetil Hindar  
Tor Atle Mo  
Morten Eken  
Anders Gjørwad Hagen  
Sigurd Hytterød  
Roar Sandodden  
Asbjørn Vøllestad  
Knut Ola Aamodt

# 1 Innledning

Laks (*Salmo salar*) har vært viktig for Norge så lenge det har levd folk her. Laksen er avbildet i flere tusen år gamle helleristninger og hellemalinger, omhandlet i Gulatingsloven fra 1200-tallet og både i eldre og nyere naturhistorie. Laksen var den første ville arten i Norge som fikk sin egen Offentlige Utredning (NOU 1999:9) og er også den første arten som har fått sin egen Kvalitetsnorm etter naturmangfoldloven (Kgl. res. 23.08.2013).

*Gyrodactylus salaris* (senere *G. salaris*) er en flercellet parasitt (flatorm) på ca. 0,5 mm som lever på huden og finnene til laks og av og til på enkelte andre laksefisk. Flere dødelige varianter av *G. salaris* har blitt innført til Norge og spredt på ulike måter til norske lakselver. I alle infiserte elver med egne laksebestander har dødeligheten blant laksunger vært svært høy. Sammenligninger mellom ungfisktettheten av laks i årene før og etter at *G. salaris* er påvist i norske vassdrag, viser en gjennomsnittlig reduksjon på 86 % (Johnsen mfl. 1999). Tilsvarende reduseres fangstene av voksen laks i elv med omtrent samme andel noen år senere. Variasjonen i dødelighet forårsaket av *G. salaris* mellom elver kan variere fra mindre enn 50 % til 95 % eller mer. Det er ikke fullt ut forstått hva som er de viktigste årsakene til denne variasjonen, men forklaringen finnes sannsynligvis i samspillet mellom egenskaper hos vert, parasitt og miljøet de lever i, og ikke hos én av disse alene.

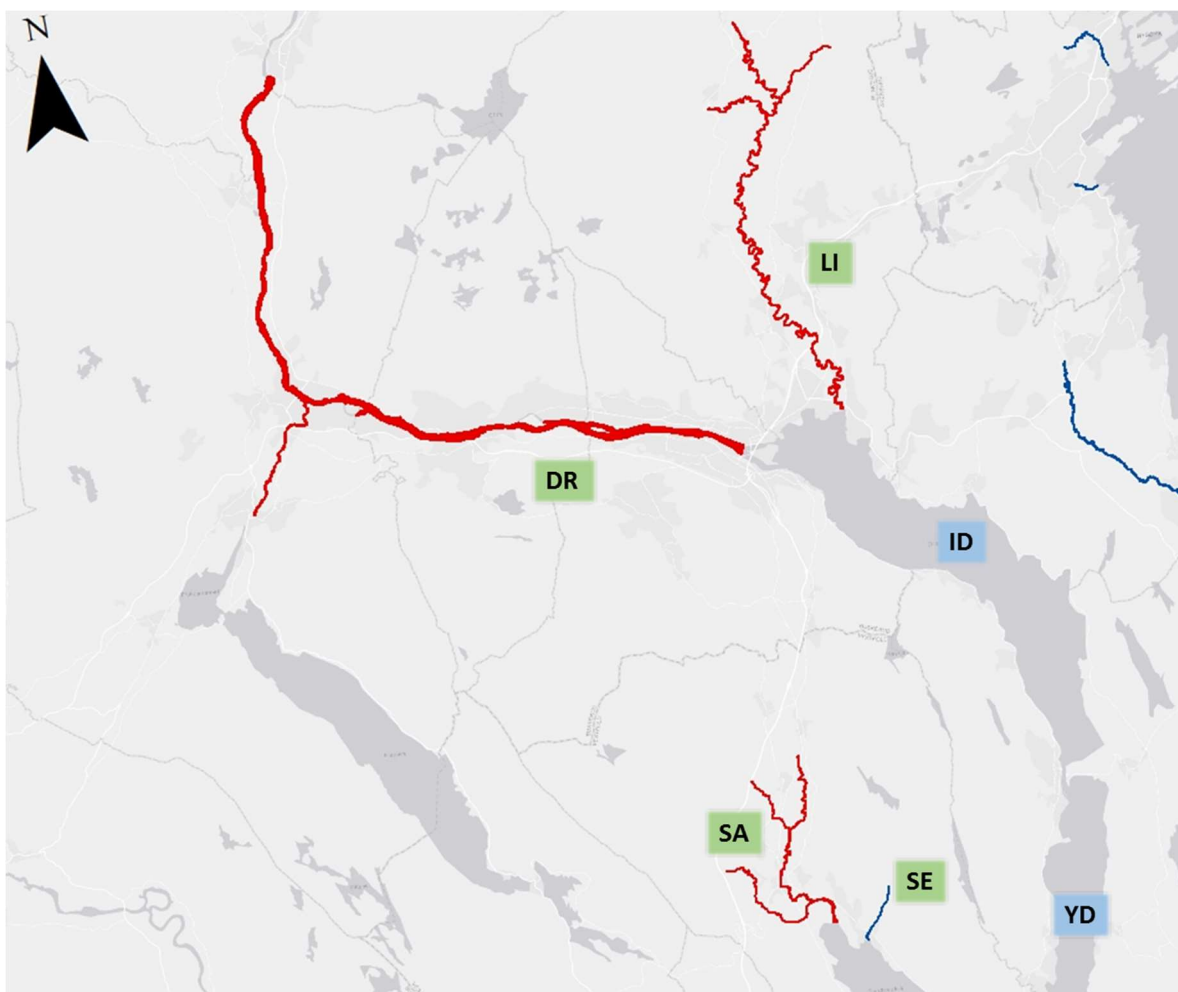
## 1.1 *G. salaris* i Norge

*G. salaris* er ikke naturlig hjemmehørende i norsk fauna. Den ble først forbundet med laksedød i Lakselva i Misvær av forsker Bjørn Ove Johnsen i Direktoratet for naturforvaltning på midten av 1970-tallet (Johnsen 1978), og ble også omtalt i forbindelse med dødelighet i Akvaforsk sitt forsøksanlegg på Sunndalsøra fra samme tid (Bergsjø & Vassvik 1977). Parasitten er innført til Norge flere ganger, først og fremst med settefisk fra anlegg ved elver som drenerer til Østersjøen. Én av introduksjonene var med infisert østersjølaks til et forsøksanlegg på Sunndalsøra. Fra dette anlegget ble *G. salaris* spredt videre til andre settefiskanlegg og direkte til elver med yngelutsettinger (Johnsen & Jensen 1991). En annen introduksjon skjedde med en smolttransport fra et østersjøanlegg til kysten av Troms, der bilen som transporterte smolt byttet vann i Skibotnelva. En tredje skjedde med laks til Jektvikanlegget ved Langstein i Trondheimsfjorden (Johnsen mfl. 1999). En fjerde introduksjon skjedde med regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) fra Sverige til innlandsoppdrett på Østlandet og en femte introduksjon har trolig vært med regnbueørret fra Danmark, men denne gang med en *G. salaris*-variant som ikke er dødelig for norsk laks.

Parasitten ble spredt til flere vassdrag med utsetting av laksunger fra infiserte anlegg og deretter til nye vassdrag med fisk som vandret mellom vassdrag i områder med brakkvann. Pr. utgangen av 2017 har dødelige varianter av *G. salaris* vært påvist i 50 norske lakselver (Hytterød mfl. 2017). Disse vassdragene er fordelt på 17 smitteregioner. Dersom vi unntar vassdrag som er behandlet, men under friskmelding (11 elver), gjenstår nå to smitteregioner med tilsammen sju infiserte vassdrag (**tabell 1**).

De to regionene som fortsatt har *G. salaris*-infeksjoner er Drivaregionen med Driva, Litledalselva, Usma og Batnfjordselva, og Drammensregionen med Drammenselva, Lierelva og Sandeelva. I Driva ble det våren 2017 bygget en fiskesperre som skal begrense utbredelsen av *G. salaris* i dette vassdraget fra ca. 100 km til 26 km ved at sperra blir stående så lenge at alle verter (og

dermed også parasitten) er utdødd ovenfor sperra. Myndighetene har ikke tatt stilling til hvilke(t) kjemikalium som skal brukes til å bekjempe *G. salaris* i Drivaregionen.



**Figur 1.** Oversiktskart over *G. salaris*-smittede (røde) lakselver og en usmittet lakselv (blått) i Drammensregionen. DR=Drammenselva, LI=Lierelva, SA=Sandeelva, SE=Selvikelva, ID=Indre Drammensfjord, YD=Ytre Drammensfjord. Elver i blått oppe til høyre i figuren inngår ikke i Drammensregionen.

For Drammensregionen har forfatterne av denne rapporten fått i oppdrag å svare på om parasitten kan utrykkes fra regionen, og i så fall med hvilke metoder og til hvilken kostnad.

**Tabell 1.** Norske regioner og elver med påvisning av *G. salaris*. Regionene er ordnet kronologisk etter første gangs behandling for å utrydde parasitten. I tillegg angis første år med påvisning av *G. salaris* i regionen og hvilket år elvene ble friskmeldt.

Vassdrag ordnet i regioner	Fylke	Første år <i>G. salaris</i> ble påvist i regionen	Kjemisk behandling (år)	Friskmeldt (år)
Vikja	Sogn og Fjordane	1981	1981-82	1988
Korsbrekkelva	Møre og Romsdal	1985	1986	1990
Aureelva Vikelva	Møre og Romsdal	1984	1988	1992
Fættelva, Langsteinelva	Nord-Trøndelag	1988	1988	1997
Bævra	Møre og Romsdal	1986	1986, 1989	1994
Taffjordelva, Valdalselva Norddalselva, Eidsdalselva	Møre og Romsdal	1980	1986-87 <sup>1</sup> og 1990	1991 <sup>1</sup> og 1994
Lakselva	Nordland	1975	1990	1995
Storelva	Møre og Romsdal	1989	1991	1994
Beiarelva	Nordland	1981	1994	2001
Skibotnelva, Signaldalselva, Kitdalselva	Troms	1979	1988 <sup>4</sup> , 1995 <sup>4</sup> , 2015-16	-
Steinkjervassdraget, Figga, Lundselva	Nord-Trøndelag	1980	1993, 2002, 2008-09	2014
Rauma, Henselva, Måna, Innfjordelva, Skorga, Breidvikelva	Møre og Romsdal	1980	1993, 2013-14	-
Lærdalselva	Sogn og Fjordane	1996	1997, 2005-06, 2011-12	2017
Røssåga, Bjerka, Sannaelva, Bardalselva, Slettenelva, Ranaelva	Nordland	1975	2003-04 og 2014-15 <sup>2</sup>	2009
Vefsna, Drevja, Hundåla, Halsanelva, Hestdalselva, Dagsvikelva, Nylandselva, Ranelva, Leirelva, Fusta	Nordland	1978	2011-12	2017 <sup>3</sup>
Driva, Usma, Litledalselva, Batnfjordselva <sup>5</sup>	Møre og Romsdal	1980	-	-
Drammenselva, Lierelva, Sandeelva	Buskerud, Vestfold	1987	-	-

<sup>1</sup>Gjelder Taffjordelva

<sup>2</sup>Gjelder Ranaelva der smitte igjen ble påvist i 2014.

<sup>3</sup>Fusta ble ikke friskmeldt i 2017 pga. ukjent smittestatus for innsjøene i vassdraget

<sup>4</sup>Gjelder bare Skibotnelva

<sup>5</sup>Batnfjordselva ble tidligere definert som en egen region og elva ble behandlet i 1994 med en påfølgende friskmelding i 1998. *G. salaris* ble oppdaget på nytt i 2000 og deretter behandlet i 2003-04. I 2006 var parasitten på nytt til stede i vassdraget. Nærhet til andre smittede vassdrag muliggjør smitte med brakkvannsvandring av smolt. Batnfjordselva ble senere inkludert i Drivaregionen

## 1.2 Utryddelse av *G. salaris* i norske vassdrag

I St.meld. 32 fra 2006-2007 heter det:

«Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* er ved siden av rømt oppdrettslaks den største trusselen mot villaksen. Bekjempelse av parasitten vil derfor fortsatt bli prioritert høyt med det mål å bli kvitt den der dette er mulig, samtidig som risikoen for smittespredning til nye områder minimaliseres. Fremdriften i arbeidet vil bli basert på best tilgjengelig metodikk og planmessig oppfølging.»

Bekjempelse av *G. salaris* koordineres i Norge gjennom et formelt samarbeid mellom Mattilsynet og Miljødirektoratet (Nasjonal styringsgruppe for *Gyrodactylus*-saker), og arbeidet med å fjerne smitten fra norske vassdrag er beskrevet i Handlingsplanen 2014-2016 (Anon. 2014). Handlingsplanen beskriver hvordan *G. salaris* er tenkt utryddet fra hver smitteregion.

Prioriteringene som er gjort med hensyn til rekkefølgen av vassdragsbehandlinger er basert på arbeidet i Nasjonal styringsgruppe for *Gyrodactylus*-saker, men Miljødirektoratet og Mattilsynet gjør sine forvaltningsvedtak innenfor sine respektive ansvarsområder. Miljødirektoratet fatter sine vedtak med hjemmel i lakse- og innlandsfiskloven, naturmangfoldloven, forurensingsloven og vannforskriften. Mattilsynet gjør sine vedtak med hjemmel i områdeforskriften og omsetnings- og sykdomsforskriften for å fjerne *G. salaris* fra en smitteregion. Nødvendige midler til bekjemplingsaksjoner bevilges over statsbudsjettet.

Flere metoder og tiltak har vært brukt i kampen for å utrydde *G. salaris* fra norske vassdrag. I noen vassdrag har langtidssperrer blitt brukt for å redusere parasittens utbredelse og derav redusert bruken av kjemikalier i det påfølgende utryddelsestiltaket til den nederste delen av vassdraget. Rotenon har vært det mest brukte kjemikalie for å utrydde *G. salaris*. Ved bruk av rotenon er hensikten å drepe både parasitten og vertene den er avhengig av. Etter rotenonbehandlingene har laksebestandene blitt reetablert med smittefri laks av samme avstamning som før behandlingen.

På oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning fikk en ekspertgruppe i 2008 i oppdrag å gjennomgå suksessen til kjemiske behandlinger mot *G. salaris* i norske elver. Ekspertgruppen (Johnsen mfl. 2008) mente at rotenonkonsentrasjonen i de mislykkede behandlingene hadde vært for svak, og at behandlingen burde vært gjentatt minst to påfølgende år. Etter at behandlinger i to påfølgende år ble etablert som strategi i 2003-2004 (Ranaregionen), har utryddelsestiltak blitt gjennomført på en vellykket måte med rotenon i en rekke store vassdrag.

I de senere år har det vært fokus på å utvikle nye metoder der parasitten drepes uten å drepe fisk. Den norskutviklede aluminiumsmetoden er basert på kunnskap fra sur-nedbør-forskning. Aluminium i surt vann (pH <6) har vist seg å være mer giftig for *G. salaris* enn for fisk. Ved aluminiumsmetoden benyttes aluminiumsulfat (AIS) i konsentrasjoner som over noen døgn dreper parasitten, men ikke fisk. Lærdalselva i Sogn ble friskmeldt i 2017 etter behandling med aluminiumsmetoden i 2011 og 2012.

Tidlig på 2000-tallet ble det oppdaget at tilsetning av klor i konsentrasjoner som er lavere enn det man finner i drikkevannet, fjerner *G. salaris* fra laksunger uten å ta livet av verten. Forsøk med klor i laboratoriet (Hagen mfl. 2014) og deretter med vann fra Drammenselva i 2015 og i sidevassdraget Glitra til Lierelva i 2017, har bekreftet at visse klorforbindelser har potensiale som behandlingsmiddel i kampen mot parasitten (Hagen mfl. 2018). En videreutvikling av klormetoden er nødvendig før den eventuelt kan benyttes for å utrydde *G. salaris*.

### 1.3 Bevaringstiltak

Spredning av *G. salaris* til en rekke vassdrag med påfølgende høy dødelighet og fare for at laksebestander ville dø ut, gjorde at Direktoratet for naturforvaltning startet opp et arbeid med levende genbank i 1986. Rogn og melke ble samlet inn fra flere familier av laks i hvert *Gyrodactylus*-infiserte vassdrag, og egne genbankstasjoner ble opprettet flere steder i Norge. I de levende genbankene holdes fiskene i flere år og ofte i flere generasjoner. Når *G. salaris* er utryddet i en elv og elven er friskmeldt, blir befruktet lakserogn fra stedegen laksestamme fraktet fra den levende genbanken og gravd ned i elvegrusen. Noe rogn blir også klekt for utsetting av yngel og smolt.

### 1.4 Handlingsplanen mot *G. salaris*

Miljødirektorat og Mattilsynet laget i 2014 en handlingsplan mot *G. salaris* for årene 2014-2016 (Anon. 2014). I denne ble det lagt opp til følgende prioritering:

«Tiltak for kommende 4-års periode deles i to hovedgrupper:

(i) Tiltak i vassdrag som er ferdigbehandlet, men ikke friskmeldt.

For disse vassdragene vil aktiviteten i hovedsak bli konsentrert om overvåking, beredskap og reetablering av fiskestammene.

(ii) Tiltak i infiserte vassdrag.

De prioriterte områdene for bekjempelse er Raumaregionen, Skibotnregionen og Drivaregionen. De infiserte vassdragene i Raumaregionen (6 vassdrag) ble behandlet i august 2013 og behandlingen vil bli gjentatt og avsluttet i 2014. I Skibotnregionen legges det opp til bekjempelse i perioden 2015-2016. I Drivaregionen bør langtidssperrer etableres i løpet av perioden 2015-2016. **Innenfor rammen av neste 3-års periode bør det foretas nødvendige utredninger og undersøkelser med hensyn på muligheten for å utrydde parasitten i Drammensregionen.»**

Siste setning fra Handlingsplanen mot *G. salaris* (Anon. 2014) er uthevet av oss, siden den gjengir den direkte foranledningen til at vår arbeidsgruppe ble oppnevnt.

### 1.5 Forskning og utredningsarbeid i Drammensregionen

I tilknytning til våre vurderinger har arbeidsgruppen påpekt og synliggjort en rekke kunnskapshull og vi har foreslått forsknings- og utredningsprosjekter for å dekke kunnskapsbehovet. Mange av de foreslåtte prosjektene har blitt finansiert av Miljødirektoratet og resultatene har blitt formidlet i rapporter og prosjektnotater. Her gjengis kort hva prosjektene gjorde og fant. Referansen til hver enkelt rapport eller prosjektnotat finnes i referanselisten.

Hagen (2017) gjennomgikk eksisterende databaser og innhentet nye vannprøver til analyse for å kartlegge elvenes vannkjemie i Drammensregionen. Vannkjemien er avgjørende for å beregne volum av kjemiske stoffer som vurderes brukt til å utrydde *G. salaris*. Staalstrøm & Kempa (2017) modellerte hvordan en rotenonløsning og en aluminiumløsning tilsatt Drammenselva vil fordele seg nedover i elva, mens Staalstrøm & Kempa (under bearbeidelse) har modellert fordeling av de samme kjemikaliene utover i Drammensfjorden. Staalstrøm (2018) undersøkte saltholdighet og oksygenforhold i Drammensfjorden i september 2017 og har modellert fjorden over tid.



Basert på et litteraturstudium, belyste Mo (2017) følsomhet hos fiskearter i ferskvann overfor rotenon og aluminium. Generelt er laksefiskene mer følsomme for disse kjemikaliene enn andre ferskvannsfisk. Hesthagen mfl. (2017) utredet bevaringsbehov for ulike fiskearter dersom kjemisk behandling av Drammensvassdraget innebærer at all fisk dør. Mo, Bremset & Museth (2017) undersøkte om sik kan være smittebærer for *G. salaris*, men parasitten ble bare funnet på sik langt oppe i Drammenselva der smittepresset vurderes som høyt. Parasitten ble ikke funnet på sik i Drammensfjorden. Mo, Museth, Bremset & Finstad (2018) undersøkte forekomst av laksunger i Drammensfjorden og fant laksunger langs strendene opptil 12 km fra elvemunningene. Mange av disse laksungene var smittet med *G. salaris*. Antallet parasitter på de smittede laksunger var lavt sammenlignet med antall *G. salaris* på laksunger i Drammenselva ved Hokksund.

Frode Fossøy, NINA, og medarbeidere (under utarbeidelse) har undersøkt i hvilken grad DNA-metoder anvendt på vannprøver (såkalt miljø-DNA) kan karakterisere fiskesamfunn i elvene i Drammensregionen.

NVE gjennomførte i løpet av 2016 en hydraulisk modellering av Drammenselva, Lierelva og Sandeelva. Arbeidet tok utgangspunkt i flomsonekart for elvene i regionen og beregnet vannhastigheter og vannutbredelse ved tre ulike vannføringer i de tre elvene og i fjorden utenfor (NVE Notat 2016). Det ble samtidig gjort undersøkelser av ledningsevne i dypområder i Drammenselva i oktober 2016 for å se om det kunne lokaliseres en saltkile.

I tillegg til forsknings- og utredningsarbeid som vår arbeidsgruppe har initiert eller gjennomført, har det også blitt gjennomført annen relevant forskning og undersøkelser i Drammensregionen.

***Kartlegging av eventuell forekomst av G. salaris oppstrøms lakseførende strekning***  
De første funnene av *G. salaris* i Drammensvassdraget ble gjort på regnbueørret i en rekke oppdrettsanlegg oppstrøms naturlig lakseførende strekning (Mo 1988, 1990). Dersom parasitten fortsatt forekommer på fisk ovenfor lakseførende strekning vil en eventuell utryddelse av *G. salaris* bli ytterligere komplisert. Mattilsynet har gitt Veterinærinstituttet i oppdrag å kartlegge forekomsten av *G. salaris* oppstrøms naturlig lakseførende strekning i Drammensvassdraget og Liervassdraget. På strekninger i sideelver (ovenfor laksevandringshindre) der det i lang tid har vært satt ut laksunger, er *G. salaris* ikke påvist (Hytterød mfl. 2017).

Regnbueørret er introdusert til Norge, og var inntil 1980-tallet en populær fisk for utsetting (se Hindar mfl. 1996). Arten er vist å kunne være vert for *G. salaris* (Bakke mfl. 1991, Mo 1991) og det er derfor viktig å vite i hvilken grad arten forekommer i Drammensregionen. Regnbueørret er satt ut i flere kjente lokaliteter knyttet til Drammensvassdraget. Det er også kjent at det har forekommet vellykket naturlig reproduksjon for regnbueørret i enkelte tilløpsbekker til Tyrifjorden rundt 1990. Senere er det, så vidt vi kjenner til, imidlertid ikke observert selvreprodusert regnbueørret ved noen av disse lokalitetene. Det ble lett etter regnbueørret i disse tilløpsbekkene i 2016 uten at verken yngel eller voksen regnbueørret ble påvist (Hytterød mfl. 2017).

Røye (*Salvelinus alpinus*) finnes naturlig i flere av de store innsjøene i Drammensvassdraget. I og med at *G. salaris* har blitt påvist på røye i flere innsjøer i både Numedalsvassdraget (Robertsen mfl. 2007, 2008) og Fustavassdraget (Hytterød mfl. 2011), har det vært behov for å undersøke røye fra Drammensvassdraget. Fordi *G. salaris* først ble påvist på laks og regnbueørret i to oppdrettsanlegg i Tyrifjorden i 1986/1987 (Mo 1988, 1991), har det vært naturlig å begynne

undersøkelsene med å kartlegge eventuell forekomst av *G. salaris* på røye oppstrøms lakseførende strekning, i denne innsjøen. Flere hundre røyer fra Tyrifjorden har blitt analysert uten at parasitten har blitt påvist (Hytterød mfl. 2016, 2017). I 2017 ble det samlet inn 500 røyer fra Randsfjorden og *G. salaris* har heller ikke blitt påvist på disse (Hytterød mfl. 2018). I løpet av 2018 er det planlagt å samle inn og undersøke 500 røyer fra Krøderen (Sigurd Hytterød, personlig meddelelse).

Bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) er en introdusert art til Norge som har etablert en rekke selvreproduserende bestander (se Hesthagen og Kleiven 2013). En slik selvreproduserende bestand med bekkerøye er etablert i Overnbekken (Eken 1988) som drenerer til Drammenselva via Simoa. Det er imidlertid ikke registrert bekkerøye i Drammenselva, selv om enkeltindivider er registrert i Simoa. I laboratorieforsøk er det vist at bekkerøye kan være vert for *G. salaris* (Bakke mfl. 1992), men parasitten har ikke blitt påvist på bekkerøye i Overnbekken (Ege & Åsveen 2014).

### *Prosjektet Gyrofri*

Gyrofri-prosjektet fokuserer på muligheten for spredning av *G. salaris* fra Drammensregionen til nye vassdrag og regioner. Prosjektet bruker ulike modeller til å simulere saltholdighet i overflatelaget i Oslofjorden ved ulik tilførsel av ferskvann og ved ulike miljøforhold som flo og fjære og vind. I prosjektet studeres også vandringer av laks og sjørret (*Salmo trutta*) i Drammensfjorden og videre langs kysten til Numedalslågen, og mindre bekker i området undersøkes for forekomst av laksunger. I 2017 ble 120 000 klekkeriprodusert smolt slept fra Drammenselva til Breiangen. Av disse ble 40 utstyrt med akustiske sendere i et samarbeid mellom Gyrofri og UNI Research Miljø som var faglig ansvarlige for sleping av smolten.

### *Risikoanalyse for videre spredning av G. salaris*

Veterinærinstituttet har på oppdrag fra Mattilsynet oppdatert tidligere modellbetraktninger (Brun & Høgåsen 2003) av sannsynligheten for smitte fra Drammenselva til nærliggende vassdrag (Høgåsen 2016). Denne oppdateringen ble bestilt blant annet på bakgrunn av innspill fra prosjektet Gyrofri som hadde påvist lave saltholdigheter i ytre Oslofjord etter værepisoder med flom og store mengder ferskvann. Det var derfor stilt spørsmålstegn ved effektiviteten av den antatte saltbarrieren mot spredning av *G. salaris* i Oslofjorden (se **kapittel 8.1**).

### *Utvikling av klormetoden*

Hagen mfl. (2018) gjennomførte et klordoseringsforsøk i sideelven Glitra i Liervassdraget og fant at monokloramin har god effekt mot *G. salaris* når kjemikaliet tilsettes og transporteres med vannmassene i et naturlig vassdrag. I tilknytning til klordoseringsforsøket fant Eriksen (2018) at kloramindbehandlingen hadde liten effekt på elvelevende bunnfauna.

### *Utvikling av økt motstandskraft hos laksunger mot G. salaris*

En forklaring på at *G. salaris* forårsaker forskjellig dødelighet hos laksunger i norske lakselver, kan være at de ulike laksebestandene har forskjellig motstandsevne mot parasitten, og det er foreslått at laks kan utvikle økt motstandsevne mot parasitten gjennom naturlig eller kunstig seleksjon (Salte mfl. 2010). En strategi med seleksjon for å øke laksungers motstandsevne mot *G. salaris* vil innebære at man velger dette istedenfor behandling. Parasitten utrykkes dermed ikke i den enkelte elv, men sameksisterer med en økende laksebestand. Smittepresset mot andre lakselver og regioner vil derfor bli opprettholdt, eller til og med øke fordi antall laksesmolt smittet med *G. salaris* vil øke når flere laksunger overlever parasittangrepene.

Miljødirektoratet har oppnevnt en arbeidsgruppe som skal belyse og vurdere en rekke spørsmål knyttet til naturlig resistensutvikling hos laks mot *G. salaris* og resistensutvikling gjennom avl. Denne arbeidsgruppen skal levere en sluttrapport innen utgangen av 2018. Temaet inngår ikke i vårt mandat og er ikke behandlet videre her.

## 1.6 Organisering av denne rapporten

I denne rapporten beskriver vi mandatet som arbeidsgruppen fikk tildelt av Miljødirektoratet ved oppnevningen i mars 2015. Deretter beskriver vi så grundig som vi har funnet det formålstjenlig, alle de variablene ved vassdragene, fiskebestandene og parasitten som vi mener er sentrale for å kunne besvare mandatet.

Vi gjennomgår det som er kjent for de ulike bekjempelsesmetodene inklusive rotenon og aluminiumsmetoden, samt «Eventuelt andre metoder», som Miljødirektoratet i skriv til arbeidsgruppen høsten 2017 presiserte skulle inneholde en vurdering av klormetoden med dagens kunnskapsnivå.

Arbeidsgruppen oppsummerer sine konklusjoner i et sluttkapittel der vi gjennomgår ulike strategier for å bekjempe *G. salaris* fra Drammensregionen. Vi gjør også rede for kunnskapshull og utfordringer knyttet til våre vurderinger.

## 2 Oppnevning og mandat

Arbeidsgruppen for Drammensregionen ble oppnevnt 23. mars 2015, med forventet varighet ut 2017. Senere ble varigheten forlenget og det ble avtalt at sluttrapporten skulle leveres 1. mai 2018. Høsten 2016 begynte Tor Atle Mo hos NINA og overtok like etter sekretærfunksjonen i arbeidsgruppen etter Kjetil Olstad (NINA). Samtidig ble Sigurd Hytterød utpekt som ny representant for Veterinærinstituttet. Morten Eken har underveis begynt hos Buskerud fylkeskommune.

Nedenfor gjengis Miljødirektoratets oppnevning og mandat for arbeidsgruppen:

### Mandat arbeidsgruppe Drammen

#### *Bakgrunn*

Lakseparasitten *G. salaris* er en av de alvorligste truslene mot villaksen i Norge. Bekjempelse av parasitten er derfor fortsatt høyt prioritert. Målet er å bli kvitt parasitten der dette er mulig, samtidig som risikoen for smittespredning til nye områder minimaliseres. Dette er i samsvar med stortingsproposisjon nr. 32 «Om vern av villaksen og ferdigstilling av nasjonale laksevasdrag og laksefjorder».

Handlingsplan mot *G. salaris* 2014-2016 er utarbeidet av Miljødirektoratet i samarbeid med Mattilsynet. Kjemisk behandling i kombinasjon med fiskesperrer har de seneste årene dannet grunnlaget for bekjempelsesarbeidet, som har ført til betydelig færre smitekilder og dermed også redusert mulighet for spredning.

Det er ifølge handlingsplanen utarbeidet en bekjempelsesplan for alle smittede vassdrag, med unntak av Drammensregionen. Eventuell bekjempelse av parasitten i Drammensregionen må bygge på en omfattende gjennomgang av alle tilgjengelige alternativer og muligheter. I henhold til handlingsplanen nedsetter Miljødirektoratet en arbeidsgruppe med dette som mandat. Arbeidsgruppen har bred faglig sammensetning fra miljøer med kompetanse på *G. salaris*, bekjempelse av *G. salaris* (med bruk av både rotenon og kombinasjonsmetoden (nå aluminiumsmetoden, vår anmerkning)), biomangfold, populasjonsgenetikk, bevaringsbiologi, hydrologi og lokal kunnskap.

Anbefalingene fra arbeidsgruppen vil være viktig i Miljødirektoratets vurdering av strategi i regionen.

#### *Arbeidsgruppens mandat*

Gruppen skal gå gjennom alle tilgjengelige alternativer og muligheter for å utrydde parasitten fra smitteregionen. Gruppen skal beskrive hvilke strategier og metoder som kan benyttes, og estimater av kostnadene ved de ulike strategiene/metodene. Gruppen skal også vurdere sannsynligheten for å lykkes med bekjempelse av *G. salaris* i Drammensregionen ved de ulike strategiene/metodene.

Utredningen skal ta utgangspunkt i området hvor parasitten har kjent utbredelse i smitteregionen Drammen (Sandeelva, Lierelva og Drammenselva nedenfor Døvikfoss). Det foregår samtidig en epidemiologisk kartlegging av Drammensregionen på oppdrag fra Mattilsynet, som gruppen må holde seg oppdatert på.

Gruppen kan identifisere kunnskapsbehov, herunder undersøkelser som bør gjøres i regionen, som er avgjørende for gruppens arbeid.

### *Arbeidsgruppens sammensetning, arbeidsform og varighet*

Medlemmene av arbeidsgruppen skal representere sine respektive institusjoner. Det forventes at gruppemedlemmene trekker veksler på faglige ressurser som er nødvendig innenfor sin fag-institusjon.

Gruppens varighet er i utgangspunktet satt til og med 2017. Arbeidsgruppen skal ha et konstituerende møte, med en representant fra Miljødirektoratet tilstede. Gruppen skal selv foreslå arbeidsform og et budsjett for arbeidet fremover.

**Leder:** Kjetil Hindar (NINA)

**Sekretær:** Kjetil Olstad (NINA), senere erstattet av Tor Atle Mo (NINA)

**Gruppemedlemmer:** Tor Atle Mo (Veterinærinstituttet) senere erstattet av Sigurd Hytterød (Veterinærinstituttet), Asbjørn Vøllestad (Universitetet i Oslo), Anders Gjørwad Hagen (NIVA), Roar Sandodden<sup>1</sup> (Veterinærinstituttet), Knut Ola Aamodt (NVE), Morten Eken (Modum kommune, senere Buskerud fylkeskommune).

### *Nærmere om aktuelle oppgaver*

Arbeidsgruppen skal behandle følgende punkter:

Informasjon om vassdragene

- ✓ Vassdragsbeskrivelse
- ✓ Oppkommer / problematiske områder
- ✓ Beskrive bestander av anadrom laksefisk
- ✓ Oppsummere kultiveringsaktiviteten

Fjordens betydning med tanke på

- ✓ Artssammensetning og aktuelle verter
- ✓ Beskrive salinitet i brakkvannet på ulike tider av året
- ✓ Beskrive i hvilken grad laksunger oppholder seg i brakkvann
- ✓ Beskrive når og hvor lenge laksunger oppholder seg i brakkvann
- ✓ Beskrive hvilken betydning har fjorden i forhold til valg av metode

Beskrive utfordringer med å bekjempe *G. salaris* i Drammensregionen

- ✓ Økologi
- ✓ Økonomi
- ✓ Logistikk
- ✓ Pågående utsetting av laks

Beskrive de ulike alternativene og estimere kostnader ved bekjempelse

- ✓ Rotenon
- ✓ Surt aluminium/kombinasjonsmetoden
- ✓ Eventuelt andre metoder

Nødvendighet av å stenge fisketrappa i Hellefoss med tanke på:

- ✓ Bekjempelse
- ✓ Forekomst av langtidsverter mellom fisketrappene

<sup>1</sup> Opprinnelig ble Asle Moen (Veterinærinstituttet) oppnevnt

- ✓ Smitteutbredelse
- ✓ Risiko for smittespredning

#### Bevaring og reetablering

- ✓ Hvilke arter er endemiske på nedsiden av trappa?
- ✓ Bevarings- og reetableringskostnader ved de ulike bekjempelsesmetodene

Miljødirektoratet vil på hensiktsmessig måte holde løpende kontakt med arbeidsgruppen for å bli informert om fremdrift og eventuelt nye problemstillinger.

#### *Rapportering*

Gruppen skal levere årsrapport fra aktiviteten innen 15. desember hvert år, i tillegg til eventuelle delutredninger.

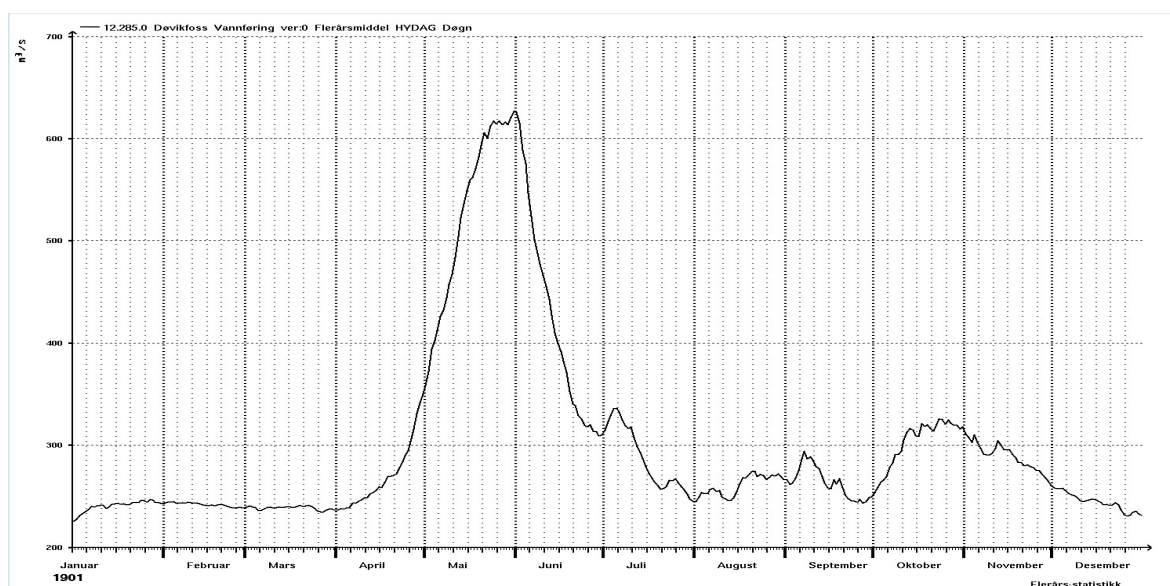
Arbeidet skal oppsummeres i en sluttrapport.

## 3 Beskrivelse av vassdragene i Drammensregionen

### 3.1 Drammensvassdraget

Drammensvassdraget er et av Norges største vassdrag med hensyn til vannføring. I vassdraget inngår også mange av Østlandets store innsjøer. Det totale nedbørfeltet er på 17 113 km<sup>2</sup> og omfatter tre hovedgreiner. De to østligste greinene fra Vestoppland/Valdres møtes i Tyrifjorden. Dette er henholdsvis Dokka- og Etnavassdraget via Randsfjorden/ Randselva og Begnavassdraget via Sperillen. Den vestre greina kommer fra Hallingdal via Krøderfjorden, og møter Drammenselva ved Gravfoss like nedenfor utløpet av Tyrifjorden i Modum. Nedenfor samløpet av hovedvassdragene er de største tilløpselvene Simoa (fra Sigdal), Bingselva og Vestfosselva (Eikervassdraget).

Middelvannføring ved utløpet til Drammensfjorden er 314 m<sup>3</sup>/s. Normalt er det snøsmelteflommen i mai og juni som gir høyest vannføring, men det er mange eksempler på flommer generert kun av regn i løpet av sommer- og høstmånedene (**figur 2**). Periodene med lavest vannføring inntreffer normalt i løpet av sensommer og vinter. Høyeste observerte flom var i 1927 på rundt 2400 m<sup>3</sup>/s.










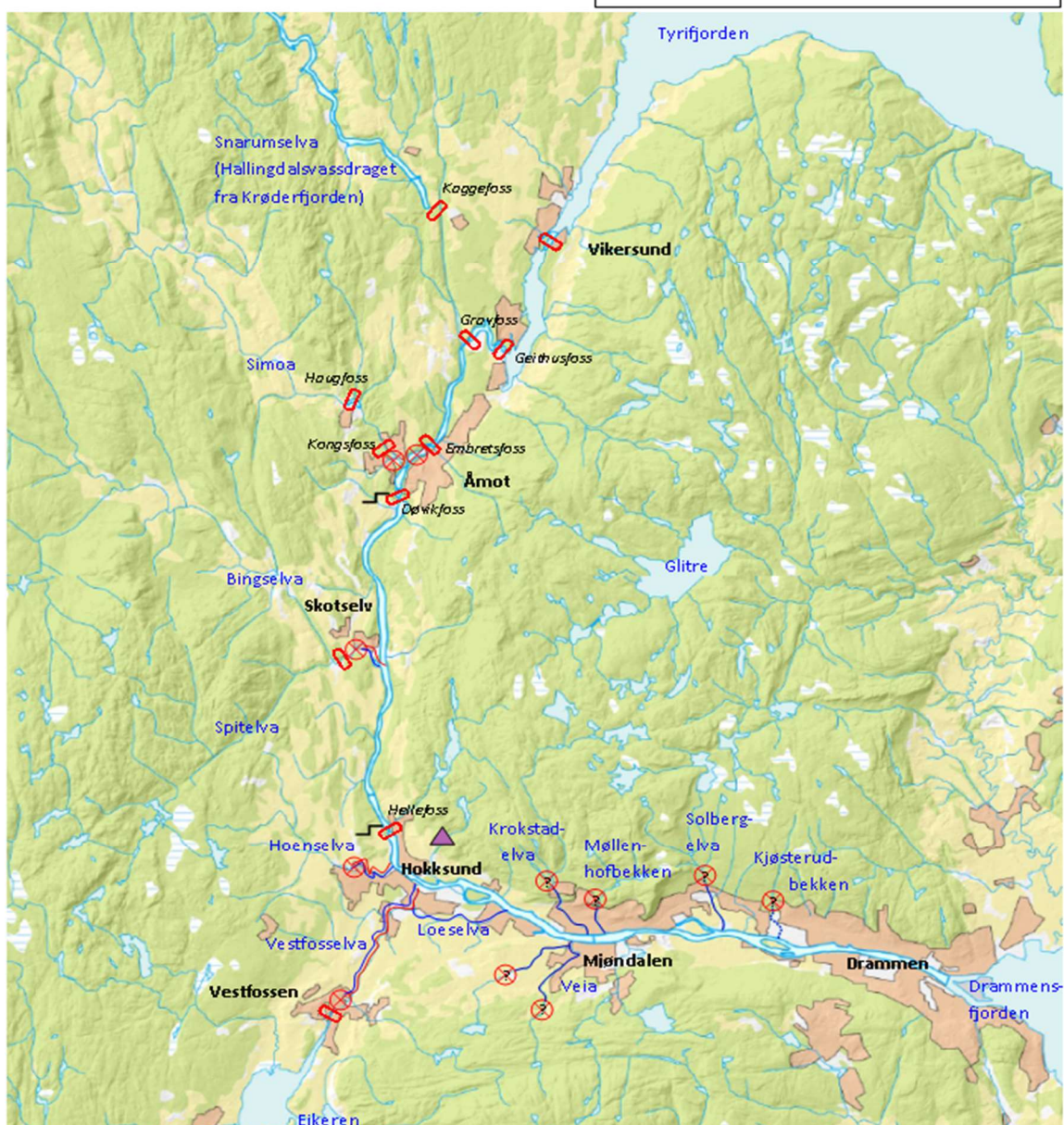
**Figur 2.** Fordeling av vannføring (døgnverdier) gjennom året i perioden 1961 – 2014 for Drammenselva. Fra Norges vassdrags- og energidirektorat.

På den delen av Drammenselva hvor det finnes *G. salaris* (**figur 3**) beskrives vassdraget best som en bred flod med lav strømhastighet. Noen korte strykstrekninger finnes umiddelbart nedstrøms elvekraftverkene. Her finner vi de viktigste gyte- og oppvekstområdene for laksefisk – og også de mest populære fiskeplassene. På strekningen fra Embretsfoss til Hellefoss går elva uten øyer eller sideløp i et definert dalføre med i all hovedsak bratt sideterreng. På strekningen fra Hokksund til Drammen vider terrenget seg ut, og elva blir bredere. Elva danner også forgreininger, sideløp og kroksjøer, og det finnes noen større øyer og grusrører på denne strekningen. Fra Hellefoss er det mindre enn én meter fall ut til Drammensfjorden, noe som medfører påvirkning av flo/fjære helt opp til Hokksund.

## Oversiktskart

## Drammenselva med sidevassdrag med registrerte forekomster av anadrom fisk

	Sideelv med oppgang av laks
	Sideelv med oppgang av sjøørret
	Klekkeri/settefiskanlegg (HÅK)
	Fiske-trapp
	Kraftverk/reguleringsdam
	Absolutt oppgangshinder (anadrome arter)
	Antatt oppgangshinder (anadrome arter)



**Figur 3.** Kart over Drammenselva med sideelver, oppvandringshindre og fisketrapper. Skjerm-dump fra vann-net.no.



Hovedvassdraget er for en stor del omgitt av kambro-silurbergarter og marine avsetninger. Dette medfører at vannet i Tyrifjorden og Drammenselva har stor bufferkapasitet og pH-verdi ligger stabilt omkring syv gjennom hele året. Det samme er tilfelle for sidevassdraget fra Eikeren. Sidevassdragene Bingselva og Simoa drenerer områder med i hovedsak grunnfjellsbergarter, men også disse elvene blir godt bufret i nedre deler som følge av leirpåvirkning.

Drammenselva er i betydelig grad påvirket av menneskelig aktivitet gjennom lang tid. I det videre refereres bare kort de påvirkningene som anses å ha størst relevans med hensyn til tiltak mot *G. salaris*.

Vassdraget er gjennomgående utnyttet til kraftproduksjon, med store reguleringsmagasin i fjellet og lavlandsinnsjøene, og elvekraftverk ved alle større fossefall. Gjennom disse vassdragsreguleringsanleggene er det til en viss grad mulig å manipulere vannføringen i perioder.

## Oppkommer og andre utfordrende områder

### *Oppkommer*

Den trinnvise avsmeltingen etter siste istid etterlot seg flere, til dels mektige kvartærgeologiske avsetninger med betydelige grunnvannsressurser langs Drammenselva ([http://geo.ngu.no/kart/arealis\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/arealis_mobil/)). Oppstrøms Hellefoss er elva demt opp, og noen store grusører ligger derfor alltid under vann (Leversbyøra, grunnene ved Grøtåsen-Grønvold). I området Hellefoss-Steinberg finner vi flere grusører med varierende grad av vandekning. Dette er områder med potensial for utstrømning av grunnvann under vannlinja eller i form av kildeutspring over normal elvevannstand.

### *Isolerte vannforekomster*

Det finnes noen skogbevokste flommarksområder, spesielt mellom Hokksund og Steinberg (Stryken, Nedre Sandøra og Hagaøya) med potensial for avsnørte kroksjøer og isolerte vannpytter. Nederst i sidevassdraget Milebekken/Mjøndalsbekken ved Mjøndalen ligger Miletjern. Ved flom i Drammenselva «pumpes» vann inn i Miletjern, og når flommen trekker seg tilbake er det områder rundt tjernet med potensial for isolerte vannforekomster.

### *Sideløp med liten vannutskifting*

Loeselva er et sideløp av Vestfosselva med liten vanngjennomstrømning utenom flomperioder. Tilsvarende finner vi et sideløp med liten vanngjennomstrømning ved Stryken i Hokksund (ved Hokksund camping) og ved Herstrøm i Nedre Eiker. Vannutskiftingen i disse lokalitetene påvirkes nok også i betydelig grad av flo/fjære i Drammensfjorden.

### *Urban infrastruktur*

I deler av Nedre Eiker kommune og det meste av Drammen kommune går elva gjennom sterkt urbaniserte områder. Her har det gjennom flere århundrer blitt gjort tiltak i form av utfyllinger, forbygninger, fundamentering på tømmerflåter, kaianlegg, kulverter med mer. Dette kan komplisere det hydrologiske bildet med tanke på tiltak mot *G. salaris*. Havneområdet i Drammen har blant annet blitt utvidet gjennom store steinfyllinger i fjorden i flere omganger (og foregår fortsatt). På grunn av vanskelige grunnforhold er også deler av byen fundamentert på påler og/eller tømmerflåter (se for eksempel

[https://www.drammen.kommune.no/globalassets/dokumenter/om-drammen-kommune/prosjekter/kulturminneplan/vedlegg-1\\_forslag-til-kommunedelplan-sist-revidert-12.1.2018.pdf](https://www.drammen.kommune.no/globalassets/dokumenter/om-drammen-kommune/prosjekter/kulturminneplan/vedlegg-1_forslag-til-kommunedelplan-sist-revidert-12.1.2018.pdf)). Videre finnes det en mengde avløpsrør og kulverter som er etablert gjennom en lang tidsepoke. I sum

innebærer dette at det finnes mange hulrom og potensielle oppholdssteder for fisk i de mest urbane områdene. Mange av de nevnte tiltakene er ikke synlige, og det er trolig kun tiltak fra nyere tid som er kartfestet.

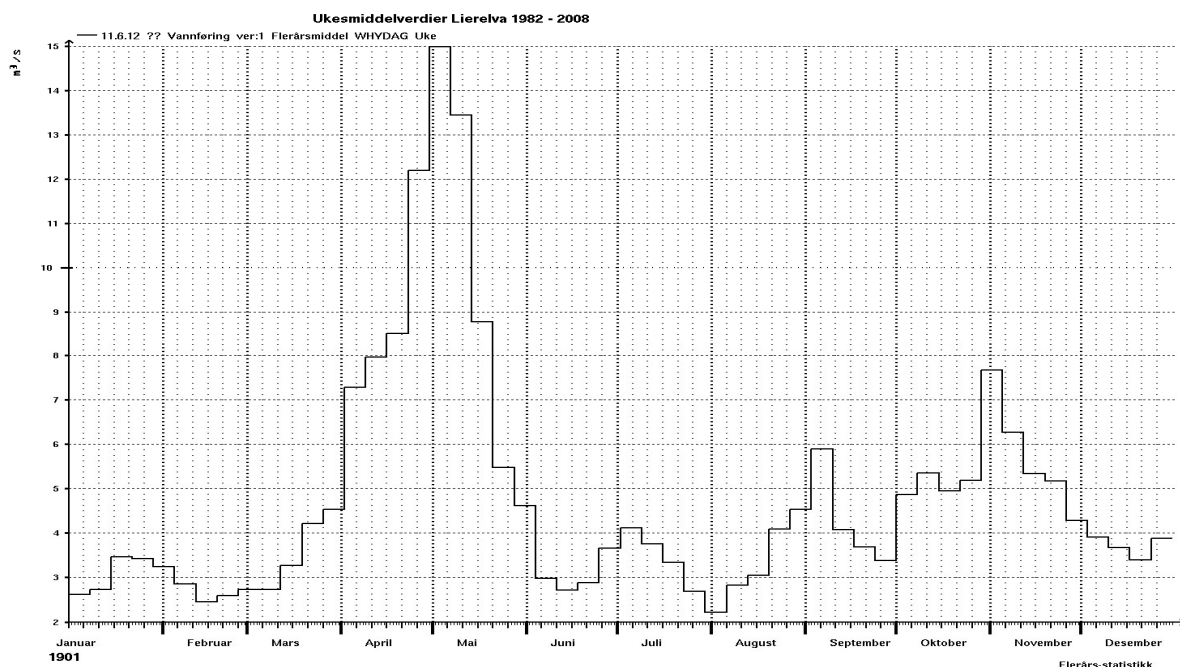
### Tilgjengelighet

Drammenselva og Vestfosselva er greit tilgjengelig både langs land og med båt. Langs de mindre sidevassdragene kan det stedvis være tett vegetasjon og en del hindre i form av bebyggelse, gjerder og kulverter.

## 3.2 Liervassdraget

Liervassdraget har et nedbørfelt på 305,5 km<sup>2</sup> og drenerer store skogområder i tillegg til selve Lierdalføret sørøst for Tyrifjorden. Lierelva munner ut i Drammensfjorden ved Linnestranda, ca. 3 km øst for Drammenselvas utløp. Liervassdraget er mangegreinet der de største tilførselselvene er Glitra (fra sentrale deler av Finnemarka), Nordelva (fra nordre del av Finnemarka) og Asdøla (fra åspartiet østover mot Asker). De beste gyte- og oppvekstområdene for laksefisk ligger i disse øvre greinene av vassdraget, men det skjer også en betydelig rekruttering spesielt av sjøørret i flere mindre sidebekker, for eksempel Sogna og Vivelstadbekken.

Lierelva responderer raskt på nedbør og har dermed raske og store svingninger i vannføring. Middelvannføring ved utløpet til Drammensfjorden er 5,2 m<sup>3</sup>/s. Normalt er det snøsmelteflommen i april og mai som gir høyest vannføring, men regnflommer kan også inntreffe innenfor alle årstider (**figur 4**). Periodene med lavest vannføring inntreffer normalt i løpet av vinteren og midt på sommeren.



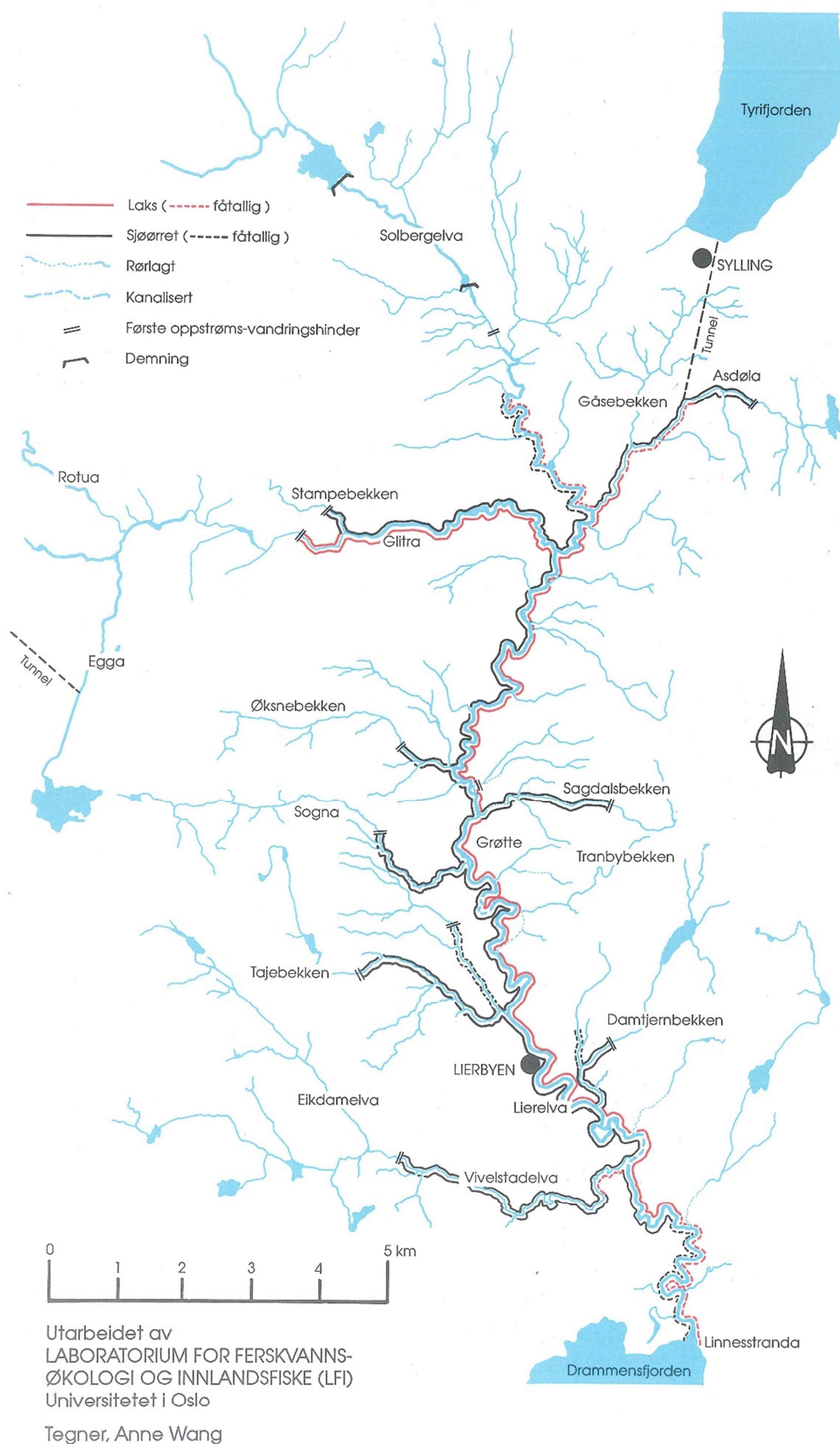
**Figur 4.** Fordeling av vannføring (ukeverdier) gjennom året i perioden 1982-2008 i Lierelva. Fra Norges vassdrags- og energidirektorat.

Lierelva er for en stor del roligflytende og slynger seg i meandre gjennom et kulturlandskap med intensivt drevet landbruk. En typisk strekning i Lierelva har bratt sideterreng og tett, delvis overhengende vegetasjon langs breddene. De fleste sidebekkene har dannet markerte raviner i dalføret.

Tilførselselvene Nordelva og Asdøla har mesteparten av nedbørfeltet sitt i områder med eruptive, sure bergarter som granitt og rombeporfyrr, noe som gir ionefattig vann med lav bufferkapasitet. Den største tilløpselva Glitra har sine kilder i områder med mer kalkrike bergarter (**figur 5**). I de lavereliggende delene av vassdraget er det stor dominans av tykke, marine avsetninger, noe som gjør Lierelva til et mer og mer utpreget leirvassdrag jo nærmere utløpet i Drammensfjorden vi kommer. Lier kommune overvåker vannkvaliteten i mange bekker i tillegg til hovedvassdraget, og har gode data for vannkvaliteten i hele vannområdet.

Glitra er regulert i forbindelse med uttak av drikkevann til Glitrevannverket. Inntaksmagasinet Glitre reguleres i henhold til et manøvreringsreglement som blant annet gir klare føringer for å benytte Glitre som flomdempingsmagasin for Liervassdraget. Tappelukene ved Glitre har stor vannavledningskapasitet. Glitrevannverket har videre anlagt en tunnel fra Tyrifjorden til Asdøla, der det ved selvføll kan tappes inntil 1200 L/s (ved optimal vannstand i Holsfjorden). Det slippes vann gjennom tunnelen i sommerhalvåret når vannføringen i Lierelva målt ved Oppsal kommer under 2000 L/s. Videre har Glitrevannverket en tunnel med tappepunkt ut i sideelva Egga. Her kan det slippes inntil 800 L/s. Vannslipp fra henholdsvis Holsfjorden via Asdøla og Glitre via Egga gjøres primært for å skaffe vann til jordvanning i Lierdalen og som tiltak for å opprettholde resipientkapasitet i Lierelva. I Nordelva er det to kraftverk som utnytter noen mindre reguleringsmagasin i Finnemarka. I tillegg er det et mindre elvekraftverk som utnytter et lite fall ved Grøtte. Demningen ved Grøtte er tilrettelagt med overløp som sikrer fisken oppvandring.

Lierelva er i første rekke påvirket av landbruk. Erosjon og utlekking av næringsstoffer fra intensivt drevet jordbruk (grønnsakproduksjon både på friland og i veksthus) preger vannkvaliteten i store deler av vassdraget. Videre har det blitt foretatt en del flomsikringstiltak og andre inngrep i forbindelse med teknisk infrastruktur i tilknytning til veier og bebyggelse.



**Figur 5.** Kart med lakseførende strekninger i Liervassdraget. Fra Laboratorium for ferskvannsoøkologi og innlandsfiske (LFI).

## Oppkommer og andre utfordrende områder

### *Oppkommer*

Den trinnvise avsmeltingen etter siste istid etterlot en mektig kvartærgeologisk avsetning med betydelige grunnvannsressurser ved Egge ([http://geo.ngu.no/kart/arealis\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/arealis_mobil/)). Lierelva skjærer seg gjennom denne israndterrassen ved Grøtte. Videre er det kartlagt mektige løsmasser med betydelig grunnvannspotensial nær munningsområdet av Lierelva mot Drammensfjorden. Dette er områder med potensial for utstrømning av grunnvann under vannlinja eller i form av kildeutspring inne på land.

### *Isolerte vannforekomster*

Lierelva er sterkt meandrerende over lange strekninger. Ved flom blir enkelte områder oversvømt, og det er mulighet for at det kan bli stående igjen vann i gamle kroksjøer og pytter etter flommene. I munningsområdet mot Drammensfjorden er det et velutviklet delta med mange mer eller mindre definerte elveløp og utpregete flommarksområder.

### *Stillestående vann og liten vannhastighet*

Lierelva nedstrøms Lierbyen er i all hovedsak roligflytende. Vannivået blir dessuten påvirket av tidevannet langt oppover mot Lierbyen. Dette innebærer at vannhastigheten tidvis er svært lav.

### *Infrastruktur*

Mye av bebyggelsen i Lierdalen er gårdsbebyggelse, der spredte avløp tidligere var dominerende. Lierelva renner også gjennom tettstedet Lierbyen, der det må forventes en større tetthet av både eksisterende og utfasede avløpsledninger. Ellers finnes det mange jordvanningsanlegg langs elva. Sammen med dreneringsruteløp fra de intensivt drevne landbruksområdene, utgjør infrastrukturen langs elva et potensial for områder der fisk kan oppholde seg.

### *Tilgjengelighet*

Lierelva går gjennom bygda «Grønne Lier», og langs elva er det spesielt mye grønt i form av tett busk- og trevegetasjon. Vassdraget er mangegreinet, med et utall av mindre bekker i trange ravinedaler. Tilgjengeligheten til mange vannforekomster er vanskelig som følge av tett vegetasjon, mange stengsler i form av trefall over bekkene og til dels glatt og bløt leirgrunn i og langs bekkene. Nedre del av elva er farbar med mindre båter, men tilgjengeligheten fra fjordsiden er vanskelig pga. svært grunt vann i deltaområdet. Inne i selve deltaområdet er tilgjengeligheten vanskelig pga. tett vegetasjon, smale og delvis udefinerte vannløp og til dels bløte grunnforhold.

## 3.3 Sandevassdraget

Sandevassdraget har et nedbørfelt på totalt 194 km<sup>2</sup> og drenerer skog- og landbruksområder syd for Drammen. En av de største tilførslene kommer nordfra (Konnerudområdet; Verkens-elva/Bremse) og går gjennom Skogerbygda før den løper sammen med flere sidebekker nedover i Sandedalføret. De største tilløpselvene er Leirelva, Tollerudelva (Brubakkelva) og Vesleelva. Sandeelva munner ut i Sandebukta (**figur 6**).

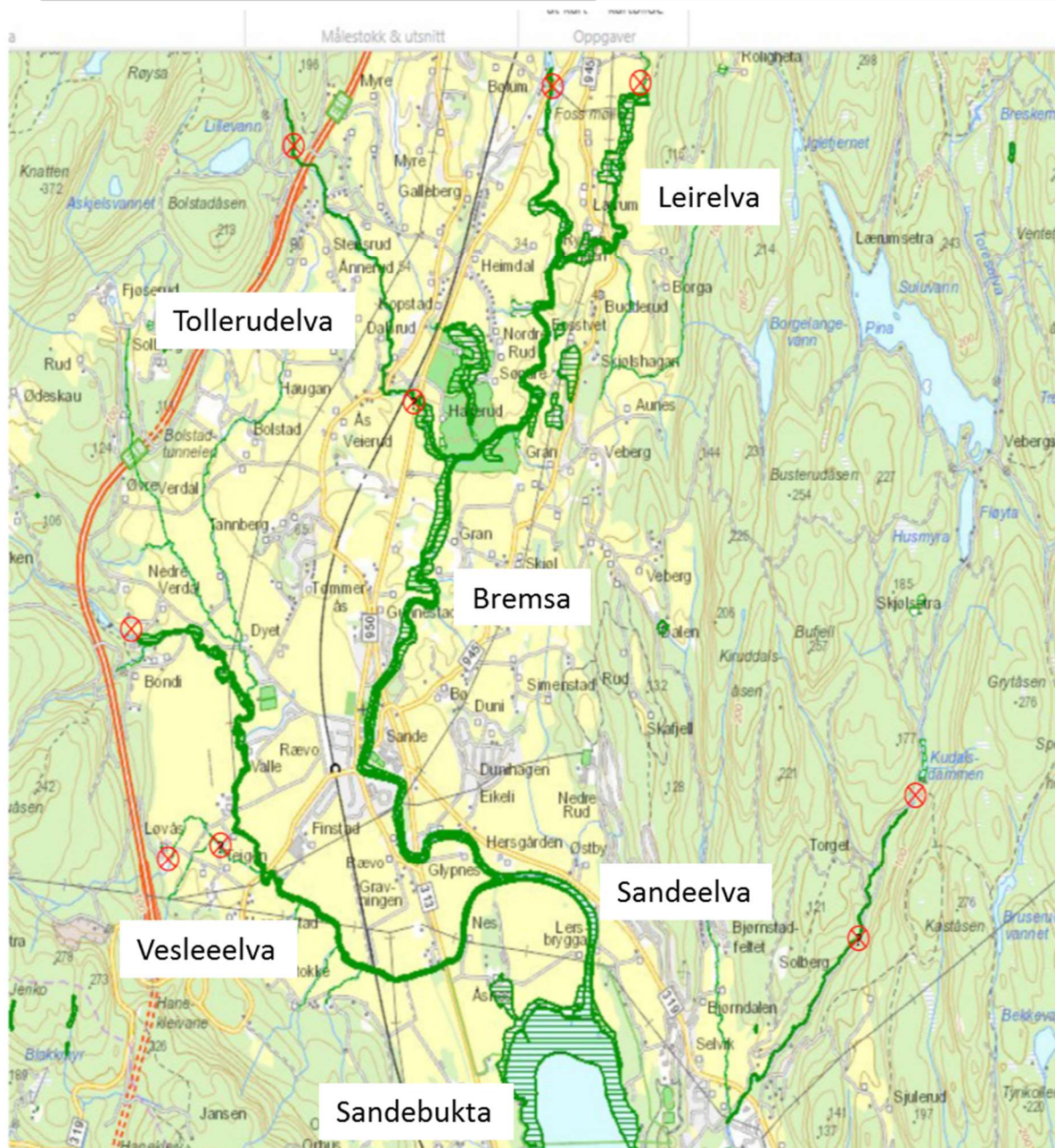
## Oversiktskart

## Sandevassdraget

Kilde: Naturbase og Otto Galleberg, leder i elveeierlaget

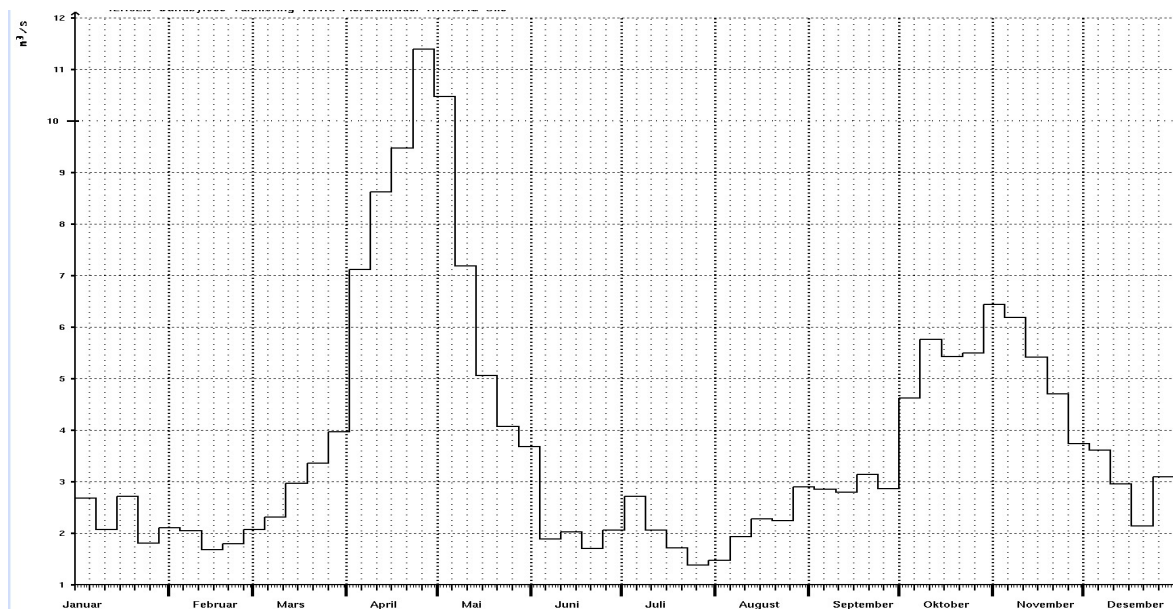
Fagrapport: Sjørret i Sande kommune, 1997. Sidebekker til Sandevassdraget. Akvaplan-niva rapport 542.1282.1. 77 s

-  Klekkeri/settefiskanlegg
-  Fisketrapp
-  Kraftverk/reguleringsdam
-  Absolutt oppgangshinder (anadrome arter)
-  Antatt oppgangshinder (anadrome arter)



**Figur 6.** Kart over Sandevassdraget med sideelver, oppvandringshindre og fisketrapper. Skjerm-dump fra vann-net.no.

Middelvannføring ved utløpet til Sandebukta i Oslofjorden er 3,8 m<sup>3</sup>/s. Normalt er det snøsmelteflommen i april og mai som gir høyest vannføring, men regnflommer inntreffer også relativt ofte i løpet av høsten (**figur 7**). Periodene med lavest vannføring inntreffer normalt i løpet vinteren og i perioden juni-august. Vassdraget er et flomvassdrag med raskt fluktuerende vannføring. De nedre delene av vassdraget er roligflytende, og tidevannet påvirker vannstand og vannhastighet et stykke oppover. Sandeelva går i meandere gjennom et intensivt drevet jordbrukslandskap.



**Figur 7.** Fordeling av vannføring (ukeverdier) gjennom året i perioden 1977-2014 for Sandeelva. Fra Norges vassdrags- og energidirektorat.

Tilførselselvene har mesteparten av nedbørfeltet sitt i områder med eruptive, sure bergarter som granitt og rombeporfy. Vannet kommer raskt ned i områder med tykke, marine avsetninger. Dette medfører at bufferkapasitet og turbiditet øker nedover i vassdraget.

Sandeelva er i første rekke påvirket av landbruk. Erosjon og utlekking av næringsstoffer fra intensivt drevet jordbruk preger vannkvaliteten i store deler av vassdraget. Videre har det blitt foretatt en del flomsikringstiltak og andre inngrep i forbindelse med teknisk infrastruktur i tilknytning til veier og bebyggelse.

## Oppkommer og andre utfordrende områder

### Oppkommer

Hele den naturlige lakseførende strekningen av Sandevassdraget går gjennom områder dominert av marine avsetninger, og det er ikke kartlagt kvartærgeologiske forekomster med betydelig grunnvannspotensial langs vassdraget.

### Isolerte vannforekomster

Sandeelva er noe meandrerende, og ved flom kan enkelte områder bli oversvømt. Det må antas at det er potensial for at det kan bli stående igjen vann i gamle kroksjøer og pytter etter flommene.

### *Stillestående vann og liten vannhastighet*

Nedre del av Sandeelva er flat, og vannivået blir dessuten påvirket av tidevannet. Dette innebærer at vannhastigheten tidvis er svært lav og den nedre elvestrekningen påvirket av saltvann.

### *Infrastruktur*

Mye av bebyggelsen i Sandebygda er gårdsbebyggelse, der spredte avløp tidligere var dominerende. Hovedelva renner også gjennom Sande sentrum, der det må forventes en større tetthet av både eksisterende og utfasede avløpsledninger. Sammen med dreneringsrørutløp fra landbruksområdene representerer infrastrukturen langs elva potensielle oppholdssteder for fisk.

### *Tilgjengelighet*

Sandevassdraget er mangegreinet, med flere mindre bekker i trange ravinedaler. Tilgjengeligheten til hovedelva og sidebekkene er relativt god, da de for det aller meste er omkranset av landbruksarealer og bare en forholdsvis smal sone med kantvegetasjon. Framkommeligheten langs breddene kan imidlertid være vanskelig som følge av tett vegetasjon, stengsler i form av trefall over bekkene og til dels glatt og bløt leire i og langs bekkene.

## **3.4 Modellering av vannhastighet i elvene**

Det er i regi av NVE utarbeidet hydrauliske modeller for Drammensvassdraget og Sandevassdraget for å kunne gjøre beregninger med hensyn til muligheter for kjemisk behandling (NVE Notat 2016). I Drammensvassdraget er det etablert en detaljert modell som inkluderer innsjøene Randsfjorden, Tyrifjorden, Sperillen og Krøderen, med alle elvestrekningene nedstrøms til utløpet i Drammensfjorden. Modellen kan simulere gjennomsnittlig vannhastighet i alle profilene som er beskrevet i modellen ved gitte vannføringer. I Lierelva er det etablert en hydraulisk modell på bakgrunn av flomsonkartlegging fra Lierbyen og ned til utløpet i Drammensfjorden. I Sandevassdraget er det etablert en hydraulisk modell i forbindelse med vannlinjeberegninger i Sandeelva og Vesleelva. Modellen består av delvis oppmålte profiler og beregnede/interpolerte profiler.

Den hydrauliske modellen er vurdert til å gi en rimelig beskrivelse av vannets transporttid innenfor definert modellstrekning. Det er gjennomført en felles modellering for regionen der vannføringer på 300-500 m<sup>3</sup>/s i Drammenselva, 6-10 m<sup>3</sup>/s i Lierelva, 4-12 m<sup>3</sup>/s i Sandeelva og 3-7 m<sup>3</sup>/s i Vesleelva i Sande er satt sammen.

I Drammenselva er strekningen nedstrøms Tyrifjorden den mest relevante strekningen for å beskrive transporttiden av vannet til utløpet. På lakseførende strekning ned til Bybrua i Drammenselva er vannhastigheten tilnærmet 0,5 meter pr. sekund (m/s) ved vannføringer på 300-500 m<sup>3</sup>/s. Deretter avtar vannhastigheten mye og er ned mot 0,01 m/s gjennom Drammensfjorden. Gjennom Svelviksundet øker vannhastigheten og er opp mot 0,36 m/s.

I Lierelva er vannhastigheten omtrent 0,8 m/s oppstrøms der elva meandrerer (dvs. går i svinger), og ned mot 0,1 m/s på den meandrerende strekningen. I Sandelva er vannhastigheten tilnærmet 0,4 m/s oppstrøms samløp med Vesleelva, og reduseres deretter til omtrent 0,1 m/s.

Måling av ledningsevne i Drammenselva fra Mjøndalen bru til Drammensfjorden den 28. oktober 2016 fant ikke noen saltkile i elva på dyp ned til 6 meter. I Lierelva ved Gullaug bru på 2m dyp og Hvalselva bru ved 1 m dyp ble det heller ikke dokumentert noen saltkile.



## 4 Beskrivelse av Drammensfjorden

Drammensfjorden er en terskelfjord som ble gravd ut under siste istid. Fjorden er formet som et basseng med dyp på over 60 meter i det meste av fjorden. Maksimumsdyp er målt til 130 meter. Ved Svelvik ligger en 180 meter bred endemorene som snevrer inn fjorden og danner en kraftig tidevannsstrøm mellom indre og ytre Drammensfjord. Terskelen ved Svelvik har ved flere anledninger blitt mudret og gjort dypere for å muliggjøre trafikk med store båter inn til Drammen havn. Etter de siste oppmudringsarbeidene i perioden 2003-2006 har farleden gjennom Svelvikterskelen et maksimumsdyp på 13 meter.

Gjennom mangeårig miljøovervåking og prosjektet «Ren Drammensfjord» er det generert mye kunnskap om fysisk/kjemiske og biologiske forhold i Drammensfjorden.

Drammensfjorden tilføres mye ferskvann fra Drammenselva og Lierelva. Drammenselva bidrar med 97 %, mens Lierelva står for beskjedne to % av ferskvannstilførselen til Drammensfjorden. Ferskvannet dominerer de øverste tre–ti meter, ofte rundt fem meter, av vannsøylen i hele indre fjord. Når historiske målinger av vannføring i Drammenselva og saltholdighet i Drammensfjorden sammenstilles, er det en tydelig samvariasjon (Staalstrøm 2018). Når ferskvannslaget i Drammensfjorden defineres som det dypet der saltholdigheten er 7 psu (practical salinity unit ≈ promille), er tykkelsen av ferskvannslaget midtfjords utenfor Solumstrand godt beskrevet av siste tidagers vannføring målt ved Døvikfoss, slik:

$$H \text{ (beregnet)} = 0,01 * Q + 1,9$$

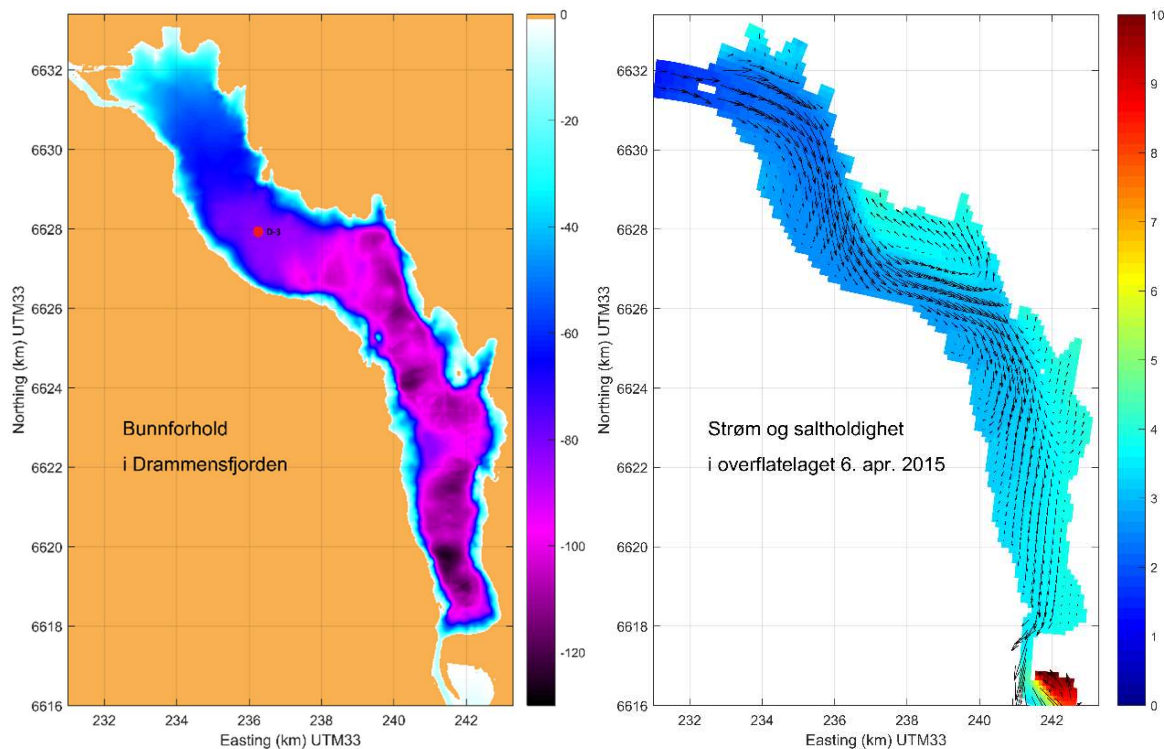
der  $H$  (beregnet) er ferskvannslagets tykkelse i meter og  $Q$  er vannføring i kubikkmeter pr. sekund. Denne modellen passer godt til målinger av saltholdighet utenfor Solumstrand fra juli 2013 til desember 2015 (Staalstrøm 2018).

På mange måter kan Drammensfjorden innenfor Svelvikterskelen betraktes som en innsjø i Drammensvassdraget, og Svelvikstrømmen kan betraktes som vassdragets utløp til sjøen. Ferskvannslaget i Drammensfjorden kan tidvis være svært lite påvirket av saltvann, eksempelvis 25. september 2017 da saltholdigheten var mindre enn 1 psu i hele det seks-syv meter tykke ferskvannslaget innenfor Svelvik (Staalstrøm 2018).

Dybden og størrelsen av ferskvannslaget gjør Drammensfjorden helt unik i nasjonal sammenheng, noe som også reflekteres i sammensetningen av ferskvannsfiskearter i fjorden. Saltvann som ligger under ferskvannslaget blandes inn i ferskvannet og gjør at overflatevannet gradvis blir saltere utover fjorden, særlig ved lav vannføring fra Drammenselva. Under det øverste ferskvannslaget øker saltholdigheten brått. De hydromorfologiske forholdene har gjort at Drammensfjorden sjeldent har hatt fornyelse av dypvannet, noe som har medført oksygenfrie forhold i bunnvannet. Denne situasjonen har i seinere tid forbedret seg, noe som trolig kan tilskrives mindre forurensningstilførsler og økt vannutskifting som effekt av den siste fordypningen i Svelvikterskelen. Det henvises ellers til dokumentasjon i rapportene på hjemmesiden til prosjekt Ren Drammensfjord 2015 (<https://prosjekt.fylkesmannen.no/rendrammensfjord/>).

Sammensetningen av arter påvirkes i stor grad av ferskvannstilførselen fra Drammenselva til overflatelaget i Drammensfjorden. Variasjonen både i dybde og saltinnhold (**figur 8**) legger grunnlaget for leveområder både i ferskvann og saltvann, og dette gir igjen god tilgang på næringsdyr for et sammensatt fiskesamfunn (se **kapittel 5**). Det er registrert hele 42 fiskearter i fjorden, med både saltvannsarter (blant annet torsk (*Gadus morhua*), brisling (*Sprattus sprattus*),

sild (*Clupea harengus*), makrell (*Scomber scombrus*), sei (*Pollachius virens*) og hvingling (*Merlangius merlangus*) og ferskvannsarter (blant annet ørret, abbor (*Perca fluviatilis*), sik (*Coregonus lavaretus*), gjedde (*Esox lucius*), gullbust (*Leuciscus leuciscus*) og vederbuk (*Leuciscus idus*)). I tillegg er det laks i fjorden på vandring mellom sjø- og ferskvannsstadiene i laksens livssyklus.



**Figur 8.** Bunnforhold i Drammensfjorden (til venstre), og saltholdighet oppgitt i psu og strøm i overflatelaget (til høyre). Kopiert fra Staalstrøm & Kempa (2017).

På begge sider av Drammensfjorden er det flere mindre elver og bekker med bestander av sjøørret. Det er ikke kjent at laks gyter i noen av disse, men det kan ikke utelukkes at laksunger likevel kan finnes på tilgjengelige strekninger i bekkene og langs land på egnede lokaliteter langs fjorden.

## 5 Fiskesamfunn

De tre elvene i Drammensregionen hvor *G. salaris* forekommer, huser også en lang rekke andre fiskearter. Det samme gjelder til en viss grad de mindre bekkene som drenerer til hovedelva eller direkte til Drammensfjorden. Drammensfjorden er svært artsrik, siden det der finnes en blanding av ferskvannsfisk og saltvannsfisk. Generelt er kunnskapen omkring forekomsten av andre arter enn laks og ørret begrenset. Mange av artene som finnes i området kan vandre over store områder. En oppsummering av dagens kunnskap om de ulike fiskeartenes utbredelse i området er gitt av Hesthagen mfl. (2017). Kunnskapen er ennå litt mangelfull.

### 5.1 Laks og sjørret

De tre elvene i Drammensregionen med *G. salaris*, er ulike med tanke på bestander av laks og sjørret. Drammenselva er et av Østlandets største laksevassdrag med et gytebestandsmål på 4355 kg hunnlaks, eller 6,3 millioner egg for å fullrekruttere elva (Hindar mfl. 2007), mens sjørret har betydelig mindre forekomst. Lierelva og Sandevassdraget er forholdsvis små vassdrag med gytebestandsmål på henholdsvis 494 kg og 171 kg hunnlaks (Anon. 2013) og med store bestander av sjørret. Det finnes dessverre ikke gode estimater av bestandsstørrelse for sjørret fra noen av elvene.

Drammenselva har en naturlig lakseførende strekning på 33 km til Embretsfoss. Det er laget laksetrapp i tilknytning til kraftverkene som er etablert i Hellefoss, Døvikfoss og Embretsfoss, henholdsvis 19, 31 og 33 km fra elvemunningen. Etter at *G. salaris* ble oppdaget i Drammenselva, ble trappene i Døvikfoss og Embretsfoss stengt for å hindre videre parasittspredning oppover i vassdraget. Således er dagens lakseførende strekning på 31 km (opp til Døvikfoss), men det er uttrykt en viss usikkerhet om Døvikfoss er 100 % sikker mot oppvandring av voksen laks. Den gamle laksetrappa i Embretsfoss ble sanert ved bygging av nytt kraftverk (åpnet i 2013). Det er imidlertid pålagt og klargjort for etablering av ny fisketrapp ved Embretsfoss. Pålegget vil først bli effektivert når smittesituasjon og eventuelle økologiske effekter av lakseoppvandring til strekninger oppstrøms Embretsfoss er avklart.

Lierelva har en lakseførende strekning på omkring 35 km, mens Sandeelva har en lakseførende strekning på 18,4 km. Kart med oversikt over laks- og sjørretførende strekninger i Drammenselva, Lierelva og Sandeelva er vist i **figurene 3, 5 og 6**.

Det har vært endel usikkerhet knyttet til om laksunger benytter Drammensfjorden som oppvekstområde. En undersøkelse med bruk av elektrisk fiskebåt i september 2017 viste at det var et betydelig antall laksunger i strandsonen i Drammensfjorden (Mo mfl. 2018). Undersøkelsen viste at laksungene var sterkt knyttet til steinurer og steinfyllinger. Totalt ble det fanget 81 laksunger langs stredene på nordsiden, nordøstsiden og sydvestsiden av Drammensfjorden. I tillegg ble 17 laksunger fanget i Strømsløpet, det sydlige utløpet av Drammenselva. For sammenligning av parasittforekomst ble det også fanget 20 laksunger i Drammenselva ved Hokksund. Laksungene i Strømsløpet og langs stredene i Drammensfjorden hadde lav forekomst av *G. salaris* sammenlignet med parasittforekomst på laksunger ved Hokksund (**tabell 2**). Laksungene i Drammensfjorden hadde også hatt bedre vekst enn jevnaldrende laksunger i Drammenselva. Langs stredene var alle laksunger opptil 10 cm klekket om våren samme år. Dette ansees som er en uvanlig god vekst hos laksunger i første leveår i en norsk lakseelv.

**Tabell 2.** Forekomst av *Gyrodactylus salaris* på laksunger i Drammenselva og utenfor elvemunninger i Drammensfjorden fanget i september 2017. Fra Mo mfl. (2018).

Lokalitet i elv/fjord	Antall laksunger	Lengde i mm	Antall smittede	Antall <i>G. salaris</i> per laksunge
Drammenselva - ved Hokksund bro	20	46-123	20	50->2500
Drammenselva - Strømsløpet	17	61-154	9	1->100
Drammensfjorden - nord	27	56-146	11	2->100
Drammensfjorden - nordøst	34	49-161	10	1->500
Drammensfjorden - sørvest	20	69-147	3	25-75

## 5.2 Andre laksefiskarter

I Drammensregionen finnes bekkerøye, røye og sik, og i tillegg produseres regnbueørret i mange oppdrettsanlegg langt oppe i Drammensvassdraget. I og med at *G. salaris* ble påvist på regnbueørret i flere oppdrettsanlegg på 1980-tallet (Mo 1988) og regnbueørret betraktes som en langtidsvert for *G. salaris* (Bakke mfl. 1991, Mo 1991) har det pågått et omfattende kartleggingsarbeid for å belyse om det finnes vill eller rømt regnbueørret i Drammensvassdraget. I tillegg har det blitt undersøkt om *G. salaris* kan ha blitt overført til og leve på røye og bekkerøye oppstrøms lakseførende strekning i Drammenselva. Disse undersøkelsene og kartleggingsarbeidet er omtalt i **kapittel 1.5**. *G. salaris* er ikke påvist på andre laksefiskarter oppstrøms lakseførende strekning (ovenfor Embretsfoss) i Drammensvassdraget.

Sik er vanlig forekommende i nedre del av Drammensvassdraget og i Drammensfjorden. Det rapporteres at sik forekommer i Sandebukta (Hesthagen mfl. 2017). I en miljøDNA-undersøkelse for å kartlegge forekomst av fiskearter i Sandeelva, ble sik påvist (Frode Fossøy, NINA, personlig meddelelse). Sik er rapportert fanget av sportsfiskere i områdene utenfor Svelvik, noe som indikerer omfattende vandringer i fjordsystemet. Siken vandrer opp til områder nedstrøms Hellefoss for å gyte i november/desember. Det er mulig at siken også gyter andre steder i området, men kunnskap om sikens atferd i dette vassdragssystemet er generelt liten. Det har vært usikkert om sik kunne være en langtidsvert for *G. salaris*. Nye undersøkelser i Drammensvassdraget indikerer imidlertid at sik ikke er en egnet langtidsvert for parasitten (Mo mfl. 2017).

## 5.3 Andre fiskearter

I Drammensvassdraget finnes det mer enn 20 fiskearter nedstrøms første oppvandringshinder ved Hellefoss. Her er både saltvanns- og ferskvannsararter representert. Vi fokuserer primært på ferskvannsfiskene her, siden saltvannsfiskene ikke er mulige langtidsverter for *G. salaris* og siden de har et individreservoar i sjøen som gjør at spesielle bevaringstiltak ikke er påkrevd. Artsantallet avtar oppover i vassdraget. En oppsummering av kunnskapen som finnes er gitt av Hesthagen mfl. (2017). Hesthagen mfl. (2017) har laget en tabell som viser hvilke fiskearter som finnes i de ulike elveavsnittene i Drammenselva, over og under lakseførende strekning i Lierelva, i Sandeelva og i selve Drammensfjorden. I **tabell 3** har vi gjengitt (fra Hesthagen mfl. 2017) forekomst av ferskvannsfiskearter i de områdene i Drammensregionen som er viktigst for arbeidsgruppens vurderinger. Oversikten til Hesthagen mfl. (2017) er en oppsummering av all tilgjengelig informasjon og ikke basert på egne undersøkelser selv om noe tilleggsinformasjon er innarbeidet. Det er en god del usikkerhet knyttet til noen av observasjonene og undersøkelsene, primært fordi ulike fiskemetoder fanger fisk selektivt på ulike vis. Totalt gjør dette at de ulike studiene har hatt ulik sannsynlighet for å registrere de ulike artene. Det betyr også at det er lite

informasjon av kvantitativ karakter og det er ikke mulig å angi bestandsstørrelser for de ulike artene. For endel arter angis det også at artsbestemmelsen er usikker; spesielt gjelder dette noen av karpefiskene som kan være vanskelig å skille fra hverandre uten erfaring. Bortsett fra de navngitte laksefiskartene (**kapittel 5.2**), vurderes ingen av de andre fiskeartene som potensielle smittebærere av *G. salaris* over lang tid (flere måneder) (se blant annet Bakke & Sharp 1990, Bakke mfl. 1990, Soleng & Bakke 1998).

De rødlistede fiskeartene havniøye (*Petromyzon marinus*) og ål (*Anguilla anguilla*) er registrert i alle vassdragene. Ål er utbredt i hele Drammensfjorden og opp til vandringshindre i elvene. Elveniøye (*Lampetra fluviatilis*) er med sikkerhet observert i Drammenselva, mens det er mer usikkert med observasjonene i Lierelva og Sandeelva. Både ål og elveniøye vil ha et reservoar i sjøen under en eventuell kjemisk behandling av vassdragene.

Mange av de ulike artene av ferskvannsfisk som finnes i området er fra litteraturen kjent for å kunne vandre over relativt store avstander og mange av artene er observert i store deler av Drammensfjorden. Det er imidlertid mindre kunnskap om hvilke deler av vassdragene og fjorden som blir benyttet av de ulike artene, og til hvilken tid. De fleste artene gyter på våren og forsommeren, noe som betyr at kjønnsmodne individer da vil oppholde seg i elvene (ferskvann). Utenom gyteperioden oppholder trolig de fleste individene seg i brakkvann. Det samme gjelder trolig for yngel og ungfisk.

Generelt er det mangelfull kunnskap om fiskesamfunnene i området. Det er spesielt mangelfull kunnskap om biologien til mange av artene, av den årsak at det er gjort lite forskning på disse artene i Norge generelt. Hesthagen mfl. (2017) har identifisert en del kunnskapshull som bør tettes i forbindelse med en eventuell kjemisk behandling av vassdragene. Dette gjelder spesielt hva slags bevaringstiltak som eventuelt bør iverksettes.

**Tabell 3.** Ferskvannsfiskearter i Drammensregionen. Basert på Hesthagen mfl. (2017) med noen justeringer. X betyr forekomst, (X) betyr at forekomst er usikker, † betyr at arten har vært påvis/angitt tidligere.

Fiskeart	Drammensfjorden	Drammenselva: nedstrøms Hellefoss	Drammenselva: oppstrøms Hellefoss	Lierelva: anadrom strekning	Sandeelva: anadrom strekning
Laks	X	X	X	X	X
Ørret	X	X	X	X	X
Sik	X	X		X	X
Krøkle		†	†		
Røye		†	†		
Brasme	X	X	X	X	X
Ørekyt	X	X	X	X	X
Mort	X	X		X	X
Karuss		(X)	X		
Gullbust	X	X		X	X
Vederbuk	X	X		X	X
Stam	X	X		X	(X)
Flire	X	(X)			
Sørv		(X)		X	(X)
Laue	X	X		X	X
Gjedde	X	X	X	X	X
Hork	X	X	X	X	(X)
Abbor	X	X	X	X	X
Trepigget stingsild	X	X	X	(X)	X
Nipigget stingsild	X	X	X	(X)	(X)
Elveniøye		X	X	(X)	**
Bekkeniøye		X		(X)	**
Havniøye		X		(X)	
Ål	X	X	X	X	X
Suter	X				
Karpe					
Regnbueørret		*			
Bekkerøye		*			
<b>Totalt</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>15</b>

\*fremmed art

\*\*angitt som niøye

## 6 Fiskeutsettinger

Utsettinger av laks- og ørretunger i Drammensvassdraget og Liervassdraget hadde pågått i mange år da *G. salaris* ble påvist i 1987. I norske elver med påvisning av *G. salaris* har det ikke vært tillatt med utsetting av laksunger. I Drammensvassdraget og Liervassdraget har imidlertid omfattende utsettinger av laksunger fortsatt i alle år fram til i dag. I Sandevassdraget har det ikke vært utsetting av laks- eller ørretunger etter at *G. salaris* ble påvist i 2003.

### 6.1 Drammensvassdraget

Utsetting av ulike stadier av laks og ørret ved lokaliteter i Drammensvassdraget for perioden 2012-2016 er sammenstilt i **tabell 4**. I sideelvene Bingselva, Hoenselva, Kolbrekvannsbekken og Sagelva har laksunger bare blitt satt ut ovenfor lakseførende strekninger. Det betyr at disse laksungene har vokst opp uten å være smittet av *G. salaris* inntil de har vandret ned på lakseførende strekning. Der har de trolig blitt smittet. I Vestfosselva og i Drammenselva ved Døvikfoss, Hellefoss og Hokksund Camping har utsettingene foregått på lakseførende strekning og har bare omfattet laksesmolt.

**Tabell 4.** Utsetting av laks- og sjøørretunger i Drammensvassdraget i perioden 2012-2016. Utsettinger i sideelvene ovenfor naturlig lakseførende strekning (lokalitetene 1-4) omfatter bare startfåret laks, mens utsettingene på naturlig lakseførende strekning (lokalitetene 5-8) omfatter laksesmolt og startfåret sjøørret. L=laks, SØ=sjøørret. Alle tall er angitt i 1000. Tallene er gitt av Hellefoss og Åmot kultiveringsanlegg.

Lokalitet\Fiskeart	2012		2013		2014		2015		2016	
	L	SØ	L	SØ	L	SØ	L	SØ	L	SØ
1. Bingselva	220		220		220		260	3,5	260	3,5
2. Hoenselva	60		60		60		60		60	
3. Kolbrekvannsbekken	20		20		5		10		10	
4. Sagelva	30		30		10		10	5	10	5
5. Døvikfoss	20		20		20	10	20	4	20	4
6. Hellefoss	20		30		30		30		30	
7. Hokksund camping	50		70		70		70		70	
8. Vestfosselva	10	10	10	7,5	10	10	10	7,5	10	7,5

I 2017 stanset Mattilsynet utsetting av laksunger ovenfor og på lakseførende strekninger i Drammenselva og Lierelva. For Drammenselva ble det imidlertid gitt tillatelse til å sette ut 120 000 laksesmolt i sjøvann med tilstrekkelig saltholdighet til å drepe *G. salaris* slik at utslippet ikke innebar en risiko for spredning av parasitten til lakselver utenfor Drammensregionen. Laksesmolt som produseres i et settefiskanlegg bør preges til vannet i elven de tilhører før de slippes fri. Dette vil redusere andelen feilvandring når laksene kommer tilbake for å gyte. Derfor ble laksesmoltene satt ut i to merder i munningen av Drammenselva. Deretter ble merdene slept gjennom Drammensfjorden og ut til sjøområdet mellom Horten og Moss. Her ble laksesmoltene holdt i tilstrekkelig lang tid ved høy saltholdighet slik at fiskene garantert var frie for eventuell infeksjon med *G. salaris* før de ble sluppet. Førte av laksesmoltene som var merket med akustisk telemetri

og senere registrert ved ulike lyttebøyer, indikerer at laksesmolten vandret raskt ut av Oslofjorden etter frislippet.

## 6.2 Liervassdraget

Utsetting av ulike stadier av laks og ørret ved lokaliteter i Liervassdraget for perioden 2011-2015 er sammenstilt i **tabell 5**. I Nykjua, Tverrelva og andre småbekker har laksungene blitt satt ut ovenfor lakseførende strekning. Der har de vokst opp uten å være smittet av *G. salaris* inntil de har vandret ned på lakseførende strekning og trolig blitt smittet der. I Glitra og lengre ned i hovedelva har eldre laksunger og laksesmolt blitt satt på *G. salaris*-smittet lakseførende strekning.

**Tabell 5.** Utsetting av laks- og sjøørretunger i Liervassdraget i perioden 2011-2015. Utsettinger i sideelvene ovenfor naturlig lakseførende strekning (lokalitetene 1-3) omfatter plommeseckkyngel (1. Nykjua) og ettårig fisk (2. Tverrelva og 3. Flere sidebekker), mens utsettingene på naturlig lakseførende strekning (lokalitetene 4-5) omfatter eldre fisk (4. Hovedelva) og smolt (5. Glitra). L=laks, SØ=sjøørret. Alle tall er angitt i 1000. Tallene er gitt av Drammen og omegn fiskeadministrasjon.

Lokalitet\Fiskeart	2011		2012		2013		2014		2015	
	L	SØ	L	SØ	L	SØ	L	SØ	L	SØ
1. Nykjua			60		30		130		30	
2. Tverrelva	70		55		40		33			
3. Flere sidebekker		12		17		20		17*		
4. Glitra	6	8	6	6	6	6	3	3		
5. Hovedelva	36		20		20					

\*utsettingen omfatter 3000 plommeseckkyngel og 14 000 ettårige fisk.



## 7 Historikk for *G. salaris* i Drammensregionen

### 7.1 Introduksjon av *G. salaris* til Drammensregionen

I september 1987 ble *G. salaris* første gang funnet på laksunger i Drammenselva. Fra før (1986 og tidlig 1987) hadde parasitten blitt påvist i to oppdrettsanlegg i Tyrifjorden oppstrøms Drammenselva. I påfølgende år ble parasitten påvist ved flere lokaliteter i hovedelva og i sideelver, og det antas at *G. salaris* nå forekommer overalt på laksunger der laks gyter i Drammensvassdraget. I tillegg til de to nevnte oppdrettsanleggene, ble *G. salaris* senere påvist på regnbueørret i mange oppdrettsanlegg lengre opp i vassdraget. Alle disse oppdrettsanleggene ble etter hvert sanert og senere friskmeldt. Noen av dem har avsluttet regnbueørretproduksjonen. I de anlegg som fortsatt produserer regnbueørret, undersøkes et utvalg av fiskene annet hvert år med hensyn på *G. salaris*.

I november 1987 ble *G. salaris* påvist på laksunger i Asdøla, en sideelv til Lierelva. Fra Tyrifjorden i Sylling er det laget en tunnel til Asdøla for overføring av vann til jordbruksformål i Lier. Denne tunnelen ble brukt i 1986, men ble ikke brukt i 1987. En mulig forklaring på påvisningen av *G. salaris* på laksunger i Asdøla kan være at frigjorte parasitter eller rømt infisert laks eller regnbueørret ble overført via vanntunnelen i 1986. I august 1988 ble *G. salaris* påvist på laksunger i selve Lierelva. I de påfølgende årene ble parasitten påvist ved flere lokaliteter i hovedelva og i sideelver, og det antas at *G. salaris* nå forekommer overalt på laksunger der laks gyter i Liervassdraget.

I august 2003 ble *G. salaris* påvist på laksunger i Vesleelva, en sideelv til Sandeelva. Genetiske analyser av parasittene har vist at de er av samme type (haplotype) som parasittene i Drammenselva og Lierelva, og det antas at *G. salaris* kom til Sandeelva med infisert fisk som vandret fra elvene innerst i Drammensfjorden. Senere ble parasitten påvist på laksunger ved flere lokaliteter i Sandeelva, og det antas at *G. salaris* nå forekommer overalt på laksunger der laks gyter i Sandevassdraget.

### 7.2 Dagens utbredelse av *G. salaris* i Drammensregionen

I og med at de første funnene av *G. salaris* i Drammensvassdraget ble gjort på regnbueørret i en rekke oppdrettsanlegg (Mo 1988, 1990, 1991), har Veterinærinstituttet, på oppdrag fra mattilsynet, undersøkt om parasitten har forsvunnet eller fortsatt er tilstede på fisk oppstrøms naturlig lakseførende strekning i Drammensvassdraget. Disse offentlige undersøkelsene har fokusert på laks, regnbueørret og røye. I tillegg har masterstudenter ved Universitetet i Sørøst-Norge undersøkt bekkerøyer i Overnbekken som drenerer til Drammenselva (se **kapittel 1.5**).

De mange undersøkelsene har ikke påvist *G. salaris* på fisk ovenfor lakseførende strekning i noen av de tre infiserte vassdragene i Drammensregionen, og arbeidsgruppen har derfor i sine vurderinger forholdt seg til at *G. salaris* kun forekommer på naturlig lakseførende strekning i alle de tre elvene (se **figur 3, 5 og 6**).

Mellom Drammenselva og Sandeelva ligger Selvikelva som har en bestand med laks. Laksunger fra Selvikelva har i ulike år blitt undersøkt i prosjektet Gyrofri og av Veterinærinstituttet uten at *G. salaris* har blitt påvist (Tor Atle Mo og Sigurd Hytterød, personlig meddelelse).

## 8 Risiko for spredning av *G. salaris* fra Drammensregionen

Risiko for spredning av *G. salaris* fra elver Drammensregionen til andre lakselver i Oslofjorden knyttes hovedsakelig til vandring hos infisert fisk. Det er også en spredningsrisiko med utstyr, for eksempel kajakk, kano eller sportsfiskeutstyr, som først har vært brukt i en infisert elv og senere brukes i en uinfisert elv uten tilstrekkelig behandling for å avlive eventuelle parasitter. Risikoen for spredning med utstyr er imidlertid vanskelig å tallfeste.

### 8.1 Gjennomførte risikoanalyser

I 2003 gjorde Veterinærinstituttet en risikoanalyse for spredning av *G. salaris* til nye elver via vandring av laksesmolt fra Drammensvassdraget (Brun & Høgåsen 2003). Resultatene tydet på at det var høyst usannsynlig at *G. salaris* vil bli spredt med smittet laksesmolt til Åroselva og Numedalslågen. Modellen som ble brukt viste en høyere risiko for spredning av parasitten til Sandeelva, men fordi det gjennom 15 års overvåking ikke var påvist *G. salaris* i Sandeelva mente Brun & Høgåsen (2003) at modellen overestimerte risikoen for spredning eller at det var nødvendig med flere smittede smolt fra Drammensvassdraget for at smitten kunne spres til Sandeelva. Noen måneder etter at rapporten ble overlevert til Mattilsynet ble *G. salaris* påvist på laksunger i Sandeelva.

I sin risikoanalyse skriver Brun & Høgåsen (2003) at «nye opplysninger som kommer til vil kunne endre betingelsene og konklusjonene i denne analysen». Under uværet «Petra» høsten 2015 kom det svært mye nedbør som resulterte i en uvanlig stor ferskvannstilførsel til Oslofjorden. Saltholdighetsmålinger som ble gjennomført i Gyrofri-prosjektet i ytre Oslofjord, viste lavere saltholdighetsverdier enn de som ble brukt av Brun & Høgåsen (2003). Mattilsynet bestilte derfor en ny risikoanalyse fra Veterinærinstituttet basert på de nye saltholdighetsmålingene. Den nye risikoanalysen viste at risikoen for spredning av *G. salaris* til andre laksevassdrag har økt (Høgåsen 2016). Dette gjelder først og fremst spredning til Åroselva innover i Oslofjorden, mens risikoen for spredning av parasitten med laksesmolt til Numedalslågen synes fortsatt å være svært lav (Høgåsen 2016). Veterinærinstituttets risikoanalyse omfatter imidlertid ikke en mulig spredning til laksevassdrag på østsiden av Oslofjorden, for eksempel Glomma som ligger nærmere Drammensvassdraget enn Numedalslågen, og det er heller ikke tatt hensyn til en mulig spredning med voksen fisk, først og fremst laks, som også kan være smittebærende når de vandrer ut av et infisert vassdrag.

Sannsynligheten for at *G. salaris*-smittet laksesmolt fra elvene i Drammensregionen vandrer opp i Åroselva eller Numedalslågen er avhengig av antall laksesmolt som vandrer ut fra de smittede elvene (Høgåsen 2016). I sine beregninger har Høgåsen (2016) sammenlignet sannsynlighet for spredning av *G. salaris* ved utvandring av 13 000, 65 000, 130 000 og 200 000 laksesmolt. Sannsynligheten for spredning av parasitten til Åroselva er høyere ved utvandring av 200 000 laksesmolt enn ved utvandring av 13 000 laksesmolt (**tabell 6**). Basert på antall utsatte laksunger og -smolt i Drammenselva (**tabell 4**) og Lierelva (**tabell 5**) samt at det produseres flere tusen laksesmolt (antallet er ukjent) fra naturlig gyting i elvene, har den årlige totale utvandringen fra Drammensregionen trolig vært i størrelsesorden 200 000 laksesmolt.

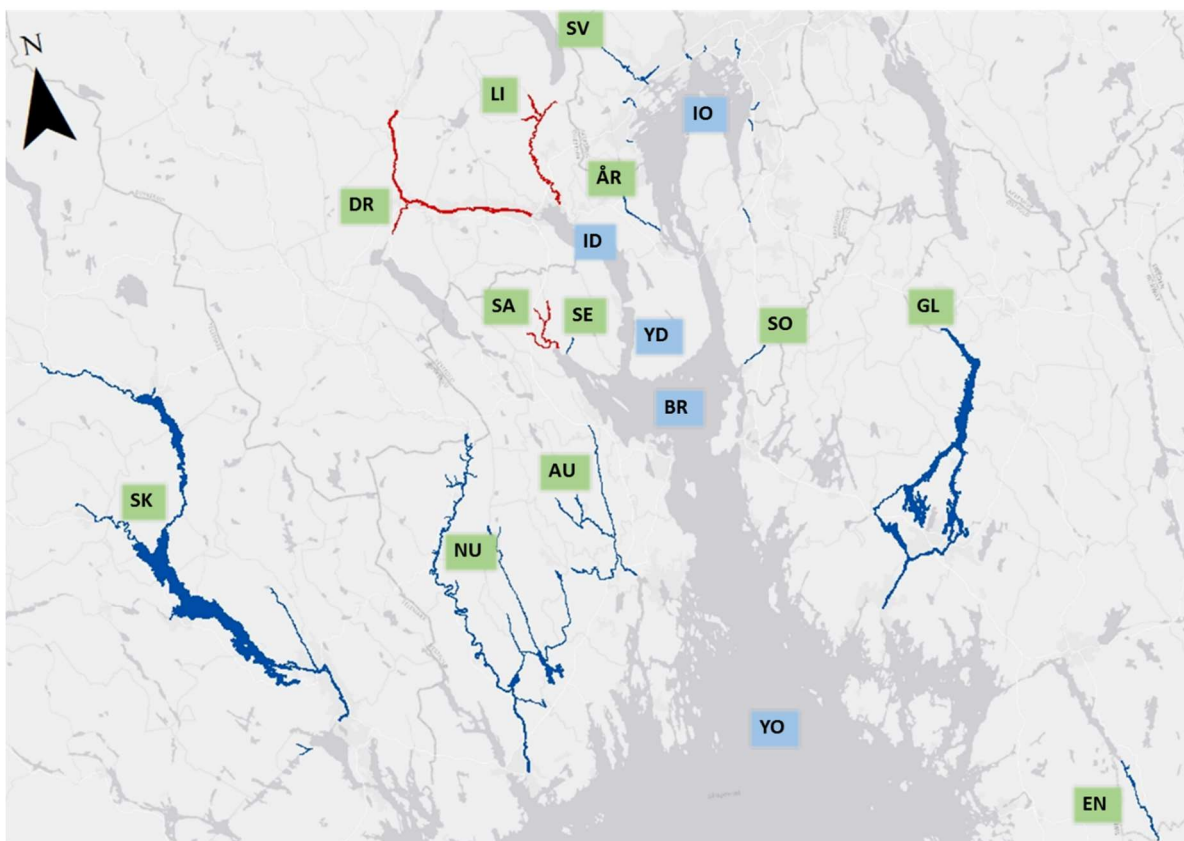
**Tabell 6.** Sannsynlighet for at ingen smittede smolt vandrer opp Åroselva, gitt ulike saltholdigheter i vandringsperioden: ekstreme forhold (uværet Petra høsten 2015, øverste 3 m eller 1 m), data brukt i Brun & Høgåsen (2003), og henholdsvis 10 %, 30 % eller 50 % reduksjon i saltholdighet i forhold til dataene brukt hos Brun & Høgåsen (2003). Fra Høgåsen (2016).

Åroselva	Antall smolt som vandrer ut fra Drammens- og Lierelva			
	130 000	200 000	65 000	13 000
Petra (0-3 m)	92 %	90 %	96 %	99 %
Petra (0-1 m)	86 %	82 %	92 %	98 %
Brun & Høgåsen 2003	99,8 %	99,6 %	99,9 %	>99,9 %
... med 10 % reduksjon	99 %	98 %	99,1 %	99,8 %
... med 30 % reduksjon	70 %	63 %	80 %	95 %
... med 50 % reduksjon	30 %	23 %	45 %	81 %

I 2017 ble det ikke gitt tillatelse til å sette ut laksesmolt på lakseførende strekning slik praksis hadde vært i foregående år. I 2017 og 2018 har det imidlertid blitt gitt tillatelse til å sette ut 120 000 laksesmolt i sjøen, forutsatt at laksesmolten ikke blir sluppet løs før de er holdt i tilstrekkelig høy saltholdighet så lenge at de ikke kan være smittet med *G. salaris*. Det er derfor grunn til hevde at sannsynligheten for spredning av *G. salaris* med laksesmolt til andre lakselver i Oslofjorden har blitt redusert i 2017 og 2018. I 2017 stanset Mattilsynet all utsetting av laksunger ovenfor lakseførende strekning i Drammenselva og Lierelva. Dersom et slikt utsettingsforbud også vil gjelde i årene som kommer, var 2016 det siste året for utsetting av laksunger ovenfor lakseførende strekning. De fleste laksungene i Drammensregionen smoltifiserer etter 2 eller 3 år. I 2019 og senere vil derfor sannsynligheten for spredning av *G. salaris* med laksesmolt til andre lakselver i Oslofjorden gå ytterligere ned. Dersom utsettingsforbudene ovenfor og på lakseførende strekning opprettholdes, vil det bare vandre ut laksesmolt som følge av naturlig gyting i elvene i Drammensregionen. Dette antallet er ukjent, men uansett vil sannsynligheten for spredning av *G. salaris* fra elvene i Drammensregionen bli vesentlig lavere enn den har vært fram til nå.

## 8.2 Nærmeste lakseførende vassdrag

Innenfor det definerte området til Drammensregionen er det én usmittet lakselv (Selvikelva i Sande kommune). I fjordområdene utenfor ligger det flere usmitede laksevassdrag, både nordover (Åroselva på vestsiden av indre Oslofjord) og sørover (Numedalslågen på vestsiden av ytre Oslofjord og Glomma på østsiden). Uvanlig mye nedbør har trolig vært årsaken til at det tidvis har blitt målt lavere saltholdighet i overflatelaget i fjordområdene i de senere år sammenlignet med tidligere år. Selv om utsettingene av laks stanses i Drammensregionen, vil det fortsatt vandre ut naturlig produsert laksesmolt. I og med at sannsynligheten for spredning øker med synkende saltholdighet (Høgåsen 2016), vil det fortsatt være en mulighet for at *G. salaris* kan bli spredt til nye lakselver med vandrende infisert laksefisk. **Figur 9** viser lakselvene som ligger nærmest Drammensregionen i Oslofjorden.



**Figur 9.** Oversiktskart over *G. salaris*-smittede (røde) lakselver Drammensregionen og usmittede lakselver (blått) i Oslofjorden. SK=Skienselva, NU=Numedalslågen, AU=Aulielva, SA=Sandeelva, SE=Selvikelva, DR=Drammenselva, LI=Lierelva, ÅR=Åroselva, SV=Sandvikselva, SO=Sonselva, GL=Glomma, EN=Enningdalselva, ID=Indre Drammensfjord, YD=Ytre Drammensfjord, IO=Indre Oslofjord, BR=Breianger, YO=Ytre Oslofjord.

## 9 Kjemiske behandlingsmetoder

Bekjempelse av *G. salaris* er, og har lenge vært, et høyt prioritert mål hos norske myndigheter. Allerede i 1981 ble den første behandlingen mot parasitten gjennomført i elven Vikja i Sogn. All bekjempelse av *G. salaris* frem til 2003 ble gjennomført som kjemiske behandlinger med ulike rotenonløsninger, enkelte ganger i kombinasjon med fysiske fiskesperrer. Etter 2003 har også aluminiumsulfat (AIS) i kombinasjon med rotenon (aluminiumsmetoden) blitt brukt i enkelte vassdrag til bekjempelse av parasitten.

Det har pågått en kontinuerlig metodeutvikling for kjemiske behandlinger, der forbedringer av kartleggingsmetodikk, planlegging, gjennomføring og kvalitetssikring anses som viktig. De to viktigste faktorene i metodeutviklingen, som har bidratt til 100 prosent suksessrate for rotenonbehandling utført fra og med 2003-2004, er gjennomføring av minimum to fullverdige behandlinger i to påfølgende år, og økt rotenonkonsentrasjon sammenlignet med den som ble brukt i perioden 1986-2003. Etter at dette ble innført, i forbindelse med rotenonbehandlingen av Rana-regionen i 2003 og 2004 (Moen mfl. 2005), har man lyktes med utryddelse av *G. salaris* i 19 elver. I tillegg er seks vassdrag i Raumaregionen (Sandodden mfl. 2015, 2018) og tre vassdrag i Skibotnregionen behandlet (Adolfson mfl. 2017). Disse er nå i en friskmeldingsfase der Raumaregionen tidligst kan friskmeldes høsten 2019, mens Skibotnregionen tidligst kan friskmeldes i 2021. I Ranaelva ble *G. salaris* påvist på nytt i 2014, fem år etter at elva ble friskmeldt. Smittekilden er ukjent, men Ranaelva ble likevel rotenonbehandlet i 2014 og 2015 (Wist mfl. 2016).

Aluminiumsmetoden ble introdusert i 2003, og var i utvikling frem til 2011. I utviklingsperioden ble metoden benyttet i flere vassdrag, både i forsøk på å utrydde parasitten og som smittereduserende tiltak for å redusere sannsynligheten for spredning av parasitten til nye vassdrag. Aluminiumsmetoden fjerner *G. salaris* uten å ta livet av laksen eller andre fiskearter i vassdraget. I 2011 og 2012 ble aluminiumsmetoden brukt til behandling av Lærdalselva, og i 2017 ble elva friskmeldt. Dette viser at man kan utrydde *G. salaris* fra vassdrag med aluminiumsmetoden uten å ta livet av fiskebestandene i elvene. **Vedlegg 2** gir en oversikt over bruk av aluminiumsmetoden i norske vassdrag. Metoden er flere ganger brukt som en smittebegrensende behandling, og tiltaket vurderes som vellykket når hensikten har blitt oppnådd.

Klorforbindelser som bekjempelsesmetode mot *G. salaris* er under utvikling. Laboratorieeksperimenter har vist at klor kan fjerne *G. salaris* fra laksunger ved svært lave konsentrasjoner, uten observerbare negative effekter på fisken (Hagen mfl. 2014). I 2017 ble det gjennomført forsøk for å undersøke effekten av klor mot *G. salaris* ved tilsetning av kjemikaliet direkte til en elv med infiserte laksunger. Klor hadde god behandlende effekt mot parasitten, og det ble ikke observert vesentlige negative effekter på laks i vassdraget under denne forsøksbehandlingen (Hagen mfl. 2018).

Uavhengig av hvilken kjemisk metode som brukes i vassdragene i Drammensregionen, vil risiko for spredning av *G. salaris* til andre vassdrag bli vesentlig redusert allerede etter første gangs behandling.

De tre kjemiske metodene som behandles her, virker også inn på vannlevende organismer som ikke tilhører målorganismen for kjemikaliet. Disse miljøeffektene er samlet i et eget **kapittel 9.5**.

## 9.1 Generelt kunnskapsbehov ved kjemisk behandling

### *Behandlingsplan*

En behandlingsplan er en overordnet plan for gjennomføring av en kjemisk behandling. Den inneholder blant annet behandlingsstrategi for vassdraget, tidspunkt for gjennomføring, nødvendige kjemikalievolumer og mannskapsbehov. Det må gjennomføres en rekke undersøkelser som danner grunnlaget for planen, herunder kartlegging av geografiske og hydrologiske forhold. Geografisk kartlegging er nødvendig for å finne ut hvor det finnes vann, og dermed hvor det skal behandles. Hydrologisk kartlegging gir grunnlag for å bestemme mengden kjemikalier og doseringsstrategi, mens grunnvannskartlegging viser hvor det må gjøres ekstra tiltak. Forventet vannføring i behandlingsperioden og vassdragets naturlige vannkjemiske sammensetning danner grunnlaget for beregning av kjemikaliebehov. Geografiske og hydrologiske forhold, sammen med vandringshindre for laks er avgjørende for plassering av doseringsstasjoner og størrelse på disse. Alle tiltakspunktene kartfestes med koordinater. Behandlingsplanen brukes også som grunnlag for søknad om utslippstillatelse for kjemikalier.

### *Kartlegging*

Det gjennomføres en detaljert kartlegging av vassdraget som skal behandles. Alle vannforekomster på anadrom strekning i vassdraget der fisk kan oppholde seg kartlegges. Slike vannforekomster gis et koordinat i kartet med en tilhørende beskrivelse og det lages en behandlingsplan for hver av dem. For å sikre god kjennskap til områdene gjennomføres kartleggingen av personer som også er sentrale ved gjennomføringen av behandlingen.

### *Målinger av vannhastighet*

Målinger av vannhastigheter gjennomføres på utvalgte strekninger i vassdragene på ulike vannføringer, for å ha et grunnlag for dimensjonering av doseringsanlegg og plassering av disse i forhold til hverandre.

### *Valg av behandlingstidspunkt*

Tidspunkt for behandlingene bestemmes ut fra flere forhold, blant annet når sannsynligheten for å nå alle infiserte verter med behandlingen er størst. Her tas det hensyn til flere forhold som for eksempel fiskeatferd, effekten av kjemikaliet på parasitt og vert, og følsomhet for kjemikaliet hos ulike livsstadier hos fisk (spesielt for AI-behandling) ved ulike temperaturer. Vannføring er en viktig faktor for bestemmelse av behandlingstidspunkt. Dette på grunn av kjemikalieforbruk, men vannføring er også en viktig faktor som påvirker sannsynlighet for å nå all infisert fisk med behandlingen. For rotenonbehandling vil det også tas hensyn til bevaringsarbeid for ulike fiskearter ved valg av behandlingstidspunkt.

### *Bruk av GPS hos behandlingsmannskap*

Der de perifere vannforekomstene langs hovedvassdragene er mange og uoversiktlige, utstyres alt behandlingsmannskap med håndholdt GPS med innlagte kart og behandlingstidspunkter. Erfaringer fra senere års behandlinger er at dette er nødvendig for å sikre at mannskapet finner fram til alle behandlingstidspunkter i uoversiktlige systemer.

### *Ledningsnett og brønner*

Infisert fisk kan vandre opp i vann fra ledningsnett, for eksempel fra avløpsrør og dreneringsrør som munner ut i smittet elvestrekning. Derfor må alt slikt ledningsnett behandles.

Grunneiere langs vassdraget, personer med relevant kunnskap, samt representanter fra kommunene involveres i kvalitetssikringen av behandlingskartene. Dette sikrer kartlegging av alle drikkevannsbrønner og drikkevannsinntak som kan inneholde infisert fisk.

#### *Spesielt hensynskrevende områder for kjemisk behandling*

Uavhengig av hvilket kjemikalium som blir brukt, er det en forutsetning at alle laksunger med *G. salaris* blir eksponert for en kjemikaliedose (konsentrasjon og eksponeringstid) som gjør at alle *G. salaris*-individer og /eller fisk dør. Erfaring viser at forskjellige typer vannforekomster kan kreve forskjellig behandling for optimalt resultat. Eksempler på områder som krever spesiell oppmerksomhet er:

- Områder med lav vannhastighet/stillestående vann
- Vannforekomster/flommarksområder som er arealmessig isolert fra hovedvannveier
- Områder med grunnvannsutstrømming
- Vannforekomster som er tidevannspåvirket
- Områder med teknisk infrastruktur (fyllinger, rør, kulverter m.m.)

Forut for en kjemisk behandling mot *G. salaris* er det derfor svært viktig å kartlegge i detalj alle potensielle problemområder og lage prosedyrer og arbeidsbeskrivelser som sikrer at slike områder blir tilstrekkelig behandlet.

I det følgende redegjøres det for de forskjellige behandlingsmetodene. De samme vannføringer (**tabell 7**) er lagt til grunn ved beregning av kostnadsestimat for de ulike metodene.

**Tabell 7.** *Vannføringer i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget som er lagt til grunn ved beregning av kostnader ved behandling med rotenon-, aluminium- og klormetoden. Selvikelva er tatt med fordi den trolig må behandles selv om *G. salaris* ikke er påvist.*

Elv/lokalitet	Vannføring (m <sup>3</sup> /s)
<b>Drammenselva</b>	
Embretsfoss	300
Simoa	13,7
Bingselva	2,5
Vestfosselva	10
<b>Lierelva</b>	
Asdøla	1,6
Glitra	2,1
Solbergelva/Nordelva	1,6
Ved demning Grøtte	5,3
<b>Sandeelva</b>	
Foss Mølle	2,8
Vesleelva	1
Hovedelva v/Brubakkelva	3
<b>Selvikelva</b>	0,6

## 9.2 Rotenonmetoden

### CFT-Legumin (3,3 % rotenon)

I det følgende beskrives kjemikaliet samt de viktigste behandlingsprinsippene, metodene og teknikkene som benyttes. En fullskala rotenonbehandling etter dagens metodikk er nærmere beskrevet i Sandodden mfl. (2018). Samtlige gjennomførte rotenonbehandlinger er oppsummert i **vedlegg 1**, der både vellykkede og mislykkede behandlinger er nevnt.

Virkestoffet i CFT-Legumin, rotenon, ekstraheres fra røttene av den søramerikanske erteplanten *Lonchocarpus nicou*. Under ekstraksjonsprosessen blir det med en del andre stoffer enn rotenon fra planten, de betegnes her som inaktive. De øvrige stoffene i formuleringen er løsningsmidler og emulgatorer som skal bidra til å spre rotenonet i vannmassene. Rotenon virker ved å blokkere et enzym (NADH-ubiquinone reduktase) i respirasjonsskjeden hos fisk (Eposti 1998). Oksygenopptaket stopper og fisken dør. Toksisiteten av CFT-Legumin varierer mellom ulike fiskearter (Mo 2017). Dødeligheten er også temperaturavhengig. Produktet har blitt utviklet en del over tid, og nåværende løsning er den samme som ble brukt under behandlingen av Skibotnregionen i 2015 og 2016, Raumaregionen i 2013 og 2014 og i Fustavassdraget i 2012. De kjemiske stoffene som inngår i CFT-Legumin vises i **vedlegg 3**.

Dagens metodikk baserer seg på at rotenonkonsentrasjonen skal være dødelig for både vert og parasitt. En CFT-Legumin-konsentrasjon i vannet på 1 parts pr. million (ppm), som tilsvarer 33 mikrogram ( $\mu\text{g}$ ) rotenon pr. liter, er vist å være dødelig for alle kjente verter, mens en CFT-Legumin-konsentrasjon på 2 ppm er vist å være dødelig for *G. salaris*. Dødelig konsentrasjon er avhengig av doseringstid og temperatur og ved vanntemperatur på 14 grader er dødelig dose for *G. salaris* lavere enn 2 ppm og mer lik den for laks.

#### HMS

For å ivareta behandlernes helse er det utarbeidet egne sikringsplaner for de ulike behandlingsformene der det er beskrevet hvilket verneutstyr som skal brukes. Før behandlingsstart blir det gitt opplæring i behandlingsteknikk og bruk av verneutstyr med vekt på å minimalisere kjemikalieeksponering. Sikkerhetsdatablad for CFT-Legumin 3,3 %, <http://www.veso.no/rotenone-cft-legumine-documentation> og verneplaner vil være å finne i behandlingsspermen som blir delt ut til alle behandlere. For å unngå at publikum kan bli utsatt for kjemikalieeksponering vil det på bakgrunn av risikovurdering kunne bli sperret av begrensede områder ved for eksempel doseringsstasjoner. Videre er det utarbeidet egne prosedyrer for transport, lagring og håndtering av CFT-Legumin for at dette skal skje på en forsvarlig og forskriftsmessig måte. Generelt sett må alle som håndterer CFT-Legumin benytte hansker og vernebriller. De som håndterer konsentrert løsning eller som doserer med pumpe må i tillegg benytte godkjent åndedrettsvern.

### Behandlingsprinsipper

Følgende prinsipper ligger til grunn for behandling med CFT-Legumin:

#### *Gjentatt fullskala behandling to påfølgende år*

I tillegg til at sannsynligheten for at en infisert fisk skal overleve behandling to påfølgende år er sterkt redusert, medfører strategien at erfaringer og observasjoner gjort under 1. års behandling kan bidra til en vesentlig kvalitetsforbedring i arbeidet 2. behandlingsår. Etter at denne strategien ble innført (Ranaregionen i 2003-2004) har man ikke mislyktes med metoden.

#### *Bruk av høyere rotenonkonsentrasjoner over lenger tid*



Høyere konsentrasjon reduserer faren for lokal fortykning i områder av elva med dårligere innblanding (for eksempel bakevjer og større kulper). Bedre kunnskap om lokale uttynningseffekter i forbindelse med for eksempel grunnvannsutstrømming tas til følge og det legges opp til en høyere doseringskonsentrasjon og lengre doseringstid for å sikre ønsket konsentrasjon i problemområder.

#### *Forbehandlinger og gjentatte behandlinger*

I definerte problemområder planlegges det forbehandlinger og evt. gjentatte behandlinger til ønsket effekt er dokumentert ved fravær av død fisk.

#### *Dokumentasjon av rotenonkonsentrasjon*

Fra og med 2012 har Veterinærinstituttet brukt et feltlaboratorium som dokumenterer rotenonkonsentrasjonen på et stort antall utvalgte punkter hver behandlingsdag. Prøvesvar kan komme så raskt at korrigerende tiltak kan iverksettes allerede samme dag hvis prøvene avdekker for lave konsentrasjoner (Sandvik mfl. 2018).

#### *Systematisk kartlegging av grunnvannspåvirkede områder*

Utstrømming av grunnvann både i perifere bekker og vannforekomster i hovedløpet har blitt påpekt som en mulig forklaring til de tidligere mislykkede behandlinger. Dette har i særlig grad vært utfordrende i Rauma og Skibotnregionen. Med grunnvannspåvirkede områder menes i denne sammenhengen alle vannutstrømminger ut av substratet i og ved bekk-/elveløpet. Dette kan være oppkommer hvor opprinnelse er ukjent, men også oppkommer i bekk/elv, hvor vann kommer og går i elveløpet og rotenonet muligens filtreres bort når vannet passerer gjennom elveavsetningene. Det foretas kartlegging av grunnvannsutstrømming ved hjelp av to metoder: 1) kartlegging av snø/isfrie områder i elv og elvekant om vinteren og 2) registrering av avvikende lave temperaturer om sommeren. Eventuelt funn av slike områder har betydning for hvordan behandlingen gjennomføres her.

#### *Behandling av grunnvannspåvirkede områder*

Fisk som søker skjul djupt i substratet i områder med grunnvannsutstrømming har trolig de største sjansene til å overleve. Trolig varierer det både gjennom døgnet og gjennom året i hvilken grad fisk bruker substratet. Områder utenfor hovedløpet som kildebekker og grunnvannspåvirkede dammer bør behandles gjentatte ganger. Det beste tiltaket er trolig behandling på stigende vannføring, noe som medfører at skillet mellom grunnvann og overflatevann, "trykkes" lengre ned i substratet. Det er de senere år utviklet nye metoder for å registrere og behandle slike områder.

Regulering av vannføringen på aktuelle behandlingstrekninger kan være svært gunstig for å lage et godt doseringsregime. Ved å øke vannføringen betydelig mens strekningen er under behandling vil grunnvannstrømmen inn i elva stoppe opp og reverseres midlertidig. Dette sikrer at rotenonholdig vann trenger ned i substratet og når eventuell fisk som gjemmer seg der. I tillegg vil elvebredder og flomløp der det står vann nede i substratet oversvømmes med rotenondosert vann.

## Utstyr og metodikk

Dosering i større bekker og elver gjøres med såkalte peristaltpumper, som doserer ren rotenon ut i elva. Dette representerer en forenkling rent doseringsteknisk, og reduserer behovet for tungt utstyr som aggregater og pumper. En forutsetning er at det nedstrøms doseringspunktet er tilstrekkelig turbulent vann til å sikre god innblanding. Forutsetningen er som regel godt oppfylt i forbindelse med de øvre hoveddoseringer, da disse som regel står oppstrøms vandringshinder i form av turbulente fosser og strykpartier. Der det ikke er tilstrekkelig innblandingsforhold, kompenseres dette enten ved å flytte hoveddoseringsstasjonen oppstrøms nærmeste strykparti, eller det rigges doseringsslanger som doserer i hele elvetverrsnittet.

Sidevassdrag behandles på et tidspunkt slik at det overlapper med dosering på den strekning i hovedelva der sidevassdraget munner ut. Større sidevassdrag doseres også ved hjelp av peristaltpumper, mens mindre sidebekker kan doseres ved små dryppstasjoner. Alle bredder langs vassdragene, inkludert dammer og sidegreiner, kontrolleres og behandles av mannskap som på forhånd er gitt definerte behandlingsstrekninger. Mannskapet bruker båt/jolle og pumpe, bærbare pumper, dryppstasjoner eller hagekanner for å distribuere rotenon, alt avhengig av hva som er hensiktsmessig på deres angitte strekning. Alle oppgaver gjennomføres etter detaljert instruks fra aksjonsledelsen.

Vanligvis har en avtale med Siviltforsvaret om opprettelse av sambandskommunikasjon vært inngått i forbindelse med rotenonbehandlinger. I dette ligger utlån av VHF-radioer, oppsetting av signalforstærkere, og testing for å sørge for full radiodekning innenfor de daglige behandlingssone og til aksjonsledelseskontor.

## Behandlingsstrategi og behandlingsplan

Ved dosering av rotenon i rennende vann vil det foregå en kontinuerlig uttynning i front av "rotonenskyen" (den første pulsen i elva med høy rotenonkonsentrasjon), som medfører en større eller mindre reduksjon i konsentrasjonen avhengig av strømhastighet, elvetopografi, avstand fra doseringspunkt og hvor i elvetverrsnittet det måles. Doseringen bør derfor pågå lenge nok til at man oppnår en stabilisering av ønsket rotenonkonsentrasjon (terskelkonsentrasjon) i hele elvetverrsnittet over en minimumsperiode.

Det settes vanligvis som et mål at terskelkonsentrasjonen i hovedelva skal være 0,7 ppm i minimum fire timer. Dette for at det skal være behandlende dose i hovedelv mens båtlag/bekkelag behandler bredder og sidebekker på samme strekning. Med terskelkonsentrasjon menes den konsentrasjon som elva til enhver tid skal ligge over. Det betyr at utdoseringen fra hoveddoseringstasjoner vil ligge høyere, på 1 ppm eller mer, for å motvirke fortykning. Normalt settes doseringstiden til 8 timer for hoveddoseringstasjoner. I sidebekker hvor behandlingstid kan bli kortere enn fire timer, kompenseres dette ved bruk av høyere dose.

I likhet med andre smitteregioner må Drammensregionen behandles over flere dager. Drammenselva kan behandles over to dager. Lierelva og Sandeelva kan behandles på en dag. Samlet tilsier dette en total behandlingstid på 4 til 5 dager for hele smitteregionen. Lengde og tidspunkt for doseringsperioden legges opp slik at det ikke er mulig for infisert fisk å vandre opp fra sjøen eller nedenforliggende sidevassdrag før disse behandles.

### Påfrisknings- og paralleldoseringsstasjoner

For å kompensere for uttynning og nedbryting av rotenon blir det der det er nødvendig, etablert påfriskningsstasjoner på strekningen nedenfor hoveddoseringsstasjonen. Påfriskningsstasjonen starter ofte som en parallellstasjon, det vil si at det doseres samtidig og med samme konsentrasjon fra denne stasjonen som fra hoveddoseringsstasjonen. Dette fordi man da kan starte opp behandling langs elvebreddene parallelt på flere steder for å effektivisere behandlingen og optimalisere bruk av mannskap. Når rotenonskyen fra hoveddoseringsstasjonen kommer ned til paralleldoseringsstasjonen, justeres doseringen fra paralleldoseringsstasjonen ned slik at den videre fungerer som en påfriskningsstasjon. Som regel doseres det med forskyving i tidspunkt slik at påfriskningsstasjonen etter en periode med overlappende dosering overtar som øvre hoveddoseringsstasjon når ovenforliggende strekning er ferdigbehandlet både i hovedløp og periferi. På samme måte som hoveddoseringsstasjoner, er ofte plasseringen av påfriskningsstasjoner en avveining mellom ideell plassering på strekningen og praktiske hensyn som tilgjengelighet, bredde på elveløp og innblanding på stedet.

Tester med sporstoff ved ulike vannføringer er en nyttig metode for å bestemme nødvendig doseringstid og avstand mellom doseringsstasjoner. Erfaringsmessig er det ofte hensynet til behandling langs elvebreddene og annet arbeid langsmed hovedvassdraget, sammen med transporttid, som avgjør plasseringen av påfrisknings-/paralleldoseringsstasjoner.

### Oppsamling av død fisk

I tilknytning til rotenonbehandlinger fjernes så mye død fisk som mulig fra vassdragene. Død fisk representerer et forurensningsproblem, men de kan også brukes til ulike analyser og forskning før destruering. **Tabell 8** viser vekt (i kg) for laks og sjøørret som er samlet inn etter rotenonbehandlinger i norske elver for å utrydde *G. salaris*. I alle disse elvene har laks og sjøørret utgjort størstedelen av biomassen til fisk. I elvene i Drammensregionen utgjør andre ferskvannsfiskearter en betydelig, men ukjent biomasse.

**Tabell 8.** Død fisk innsamlet i forbindelse med rotenonbehandlinger.

Vassdrag	År	Sjøørret (kg)	Laks (kg)
Ranaelva	2003	4535	846
Røssåga	2003	2840	629
Steinkjer*	2009	357	1900
Vefsna	2011	1955	157
Vefsna	2012	382	304
Rauma	2013	1217	180

\*Både Ogna, Byaelva og Steinkjerelva

I forbindelse med behandlingen i det andre året, gjennomføres en kvalitativ fiskeplukking. Personell oppsøker da områder som er antatt vanskelig å behandle, for å lete etter fisk som kan ha overlevd behandlingen det første året. Dersom laksunger eldre enn ett år blir påvist blir disse undersøkt for forekomst av *G. salaris*. Dette arbeidet kan potensielt føre til at utfordrende områder blir påvist og ekstra behandlingstiltak iverksettes.

## Kostnadsestimat

**Tabell 9** viser estimerte kostnader ved en full CFT-Leguminbehandling av Drammensregionen på til sammen fire år. To år til forberedelser og to år til fullskala behandlinger i Drammenselva, Lierelva og Sandeelva. Vi har tatt utgangspunkt i middelvannføring for de tre aktuelle vassdragene på antatt behandlingstidspunkt (**tabell 7**). For vassdragene i Drammensregionen er det beregnet et rotenonforbruk på ca. 36 000 liter pr. år (**tabell 10**). I kostnadsberegningen er det tatt med kostnader til fiskebevaring som kommer i tillegg til allerede igangsatt genbankaktivitet for laks og sjøørret (men ikke kostnadene til aktiviteten på laks og sjøørret). Kostnadsberegningene er gjort med dagens pengeverdi. Alle kostnadene er beheftet med usikkerhet. Størst usikkerhet er knyttet til eventuelt bevaringsarbeid for fisk. Det er nødvendig å gjennomføre undersøkelser omkring fangbarhet for aktuelle arter før kostnadsberegningene kan forventes å være mer sikker.

**Tabell 9.** Estimerte kostnader for behandling med CFT-Legumin for å fjerne *G. salaris* på lakseførende strekninger i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget. Alle tall i NOK 1000.

Timekostnader, forberedelse første år	2 925
Timekostnader, forberedelse andre år	4 388
Timekostnader, første behandlingsår	5 850
Timekostnader, andre behandlingsår	4 388
Reise, kost, natt og felt	360
Drift, to behandlinger med innleid personell	4 240
Utstyr, to behandlinger	930
Rotenon, begge år	23 893
Fiskebevaring	5 320
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>52 645</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>65 806</b>

**Tabell 10.** Beregnet forbruk av CFT-Legumin pr. år for å fjerne *G. salaris* på lakseførende strekninger i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget. Alle tall i 1000 liter.

Lokalitet	CFT-Legumin
Drammenselva	35
Lierelva	0,5
Sandeelva	0,4
Bekker og forbygninger i fjorden	0,4
<b>Sum</b>	<b>36</b>

## 9.3 Aluminiumsmetoden

### Historikk

Aluminiumsmetoden har en relativt kort historie. Grunnlaget for metoden, at *G. salaris* er svært følsom for surt aluminium (Al) løst i vann, ble oppdaget i laboratorium på slutten av 1990-tallet (Soleng mfl. 1999, Poléo mfl. 2004a). Parasitten viste seg å være mer følsom for Al enn den Al-sensitive atlantiske laksen (Soleng mfl.1999, Poléo mfl. 2004b). Denne forskjellen i følsomhet

gjør det mulig å drepe parasitten uten å ta livet av laksen ved tilsetning av lave konsentrasjoner av Al under behandling av *G. salaris*-infiserte vassdrag.

Lovende resultater fra laboratorieforsøk ledet til storskala forsøk i Batnfjordselva, Møre og Romsdal i 2003. Forsøket viste at Al hadde ønsket virkning på parasitten i naturlig elvevann i stor skala (Lydersen mfl. 2004). Det ble også observert viktige sammenhenger mellom Al-konsentrasjon, vannets surhetsgrad og eksponeringstid. Året etter, i 2004, ble forsøket utvidet fra kun behandling i øvre deler av elva med ett doseringsanlegg, til behandling av hele vassdraget med aluminiumsulfat (AIS) som hovedkjemikalium (Hytterød mfl. 2005).

AIS-løsninger brukes i flere sammenhenger, for eksempel i forbindelse med drikkevannsbehandling for å felle humus, og i behandling av kloakkvann for å fjerne fosfor. Stoffet er derfor i utgangspunktet godt kjent og lett tilgjengelig. Virkningen av Al i surt vann er også svært godt kjent gjennom forskning på effektene av sur nedbør. Al-ioner løses ut fra jordsmonn og berggrunn og kommer ut i overflatevann ved forsuring.

Aluminiumsmetoden har vært testet og videreutviklet i flere vassdrag (Pettersen mfl. 2007, Kjøsnes mfl. 2007, Hagen mfl. 2008, 2010) (se **vedlegg 2**). I 2005 og 2006 ble det gjort et mislykket forsøk på utryddelse av *G. salaris* i Lærdalselva med aluminiumsmetoden, mens en videreutviklet aluminiumsmetode ble brukt for å redusere smitten i Lærdalselva i 2009. I 2011 og 2012 ble Lærdalselva på nytt behandlet med forbedret aluminiumsmetode for å utrydde *G. salaris* (Hindar mfl. 2014). Ved behandlinger med aluminiumsmetoden brukes CFT-Legumin i vannforekomster der det er lite hensiktsmessig å bruke AIS.

## Behandlingsmetode

Metoden er basert på at elvevannet surgjøres til en pH-verdi på 5,5-6,0 og at det tilføres aluminium i riktige konsentrasjoner basert på vannkvaliteten i vassdraget som skal behandles. Konsentrasjonen av løst, uorganisk Al ( $Al_i$ ) bør ligge mellom 25-40  $\mu\text{g/L}$  for å drepe parasitten uten å ta livet av fisken, men  $Al_i$ -konsentrasjonen bør være noe høyere i vassdrag med høyere ionestyrke og høyere konsentrasjonen av løst organisk materiale enn i ionefattige klarvannsvassdrag.

Alle vannforekomster i vassdraget der laksunger kan oppholde seg må behandles, og vannkjemibetingelsene må holdes i flere døgn for at Al skal drepe alle *G. salaris*-individene i elva. Behandlingsstrategien er avhengig av om formålet med behandlingen er å redusere infeksjonen eller å utrydde parasitten. Smittereduserende behandlinger krever effektiv behandling i inntil 10 døgn, mens behandlinger for å utrydde parasitten består av to 14 døgns behandlinger med et opphold på 14 døgn mellom de to behandlingsperiodene. Dette gjentas to år på rad. Sistnevnte strategi har vist seg vellykket, ved at parasitten ble utryddet fra Lærdalselva med aluminiumsmetoden gjennom behandlinger i 2011 og 2012. *G. salaris* ble aldri påvist igjen etter den første behandlingen i 2011.

Doseringsteknikkene som brukes ved aluminiumsbehandling er basert på samme teknikk som for kjemikalietilsetting i forsurede vassdrag (kalking og silikattilsetting). Aluminiumsulfat (AIS) tilsettes proporsjonalt med vannføring, mens pH brukes som styringsparameter for syretilsetting. Dette er avgjørende for at elvevannet skal få en kjemisk sammensetning som fjerner *G. salaris* fra laks. For lav Al-konsentrasjon vil ikke gi tilstrekkelig behandling, mens for høy Al-konsentrasjon kan føre til skade på fisk og annen akvatisk fauna.

Vannføringsproporsjonal dosering er ressurskrevende i små bekkesig. Derfor doseres Al med manuelt justert tilsetning i mindre bekker. Virkningen av Al er tidsbegrenset og effekten på parasitten vil reduseres hvis vann avsnøres og blir stillestående som følge av vannføringsendringer i behandlingsperioden. Derfor blir CFT-Legumin (rotenon) brukt i vannforekomster der det er lite hensiktsmessig å bruke AIS. Dette skal forhindre at det finnes områder der parasitten overlever behandlingen. Denne måten å kombinere bruk av AIS og CFT-Legumin ble gjennomført allerede i Batnfjordselva i 2004, og er en viktig del av behandlingsstrategien.

Det er kjent gjennom forskning på effektene av sur nedbør at laks, og da særlig smolt, kan skades av lav pH og forhøyet Al-konsentrasjon (Poléo og Muniz 1993). Behandling med aluminiumsmetoden har vist at voksne individer av både laks og sjøørret kan være betydelig mer følsomme for Al enn yngel og ungfisk (Pettersen mfl. 2007). I tillegg kan andre forsuringfølsomme organismer, slik som enkelte grupper bunnlevende dyr, skades. Under behandlingen i Lærdalselva i 2011-2012 ble det tatt hensyn til dette ved å behandle over lang tid med noe lavere Al-konsentrasjoner enn ved tidligere behandlinger.

Aluminiumsbehandling der målet er å utrydde *G. salaris*, bør gjennomføres i en periode på året hvor vanntemperaturen er forventet å ligge mellom 8 °C og 16 °C. Ved slike temperaturer er fisken betydelig mer aktiv enn ved lave temperaturer (se for eksempel Stickler mfl. 2007) og vil oppholde seg over lengre perioder der vannkvaliteten er gunstig for behandling mot *G. salaris*. Behandlingen i Lærdalselva foregikk derfor i august-september, ved vanntemperatur fra 5-15 °C, men der vanntemperaturen sjelden var lavere enn 8 °C i hovedelva (Hindar mfl. 2014). Tidsrommet som velges for gjennomføring av en behandling må tilpasses temperaturforholdene i det aktuelle vassdraget.

## HMS

Behandling med svovelsyre og AIS fra flere store og små doseringsanlegg over flere døgn forutsetter sterkt fokus på helse, miljø og sikkerhet (HMS). Som en del av forberedelsene til behandling utarbeides det en sikker jobbanalyse, der alle forhold ved håndteringen av kjemikalier er gjennomgått. I tillegg etableres det rutiner for varsling og avvik. En rekke prosedyrer for opprigging og drift av doseringsutstyr er også etablert, der bruk av verneutstyr er sentralt. Før oppstart av en behandling må alle prosjektmedarbeidere kurses i HMS og relevante arbeidsprosedyrer. Under en behandling innledes arbeidsdagen med morgenmøte for alle prosjektmedarbeidere. Her skal HMS være en fast post på agendaen, og hendelser og avvik gjennomgås. Rutiner endres eller innskjerpes ved behov under behandlingene.

HMS-forhold og -tiltak er for øvrig oppgitt i sikkerhetsdatablad fra kjemikalieleverandørene. I tillegg har NIVA lagt inn disse kjemikalierne i sitt stoffregister ECO Online med sikkerhetsdatablad, eksponeringstider og eksponeringssteder (de stedene der kjemikaliet er lokalisert). De store doseringsanleggene langs hovedelvene, samt mindre doseringsanlegg som er plassert ved bekker i områder der folk ferdes, vil være sikret med byggjerder. I tillegg vil vektere patruljere store doseringsanlegg og utvalgte mindre anlegg døgnkontinuerlig. Lokalitetene vurderes individuelt, og i enkelte tilfeller vil det kunne være aktuelt å gjøre ytterligere tiltak for å sørge for tilstrekkelig sikkerhet for publikum.

## Behandlingsstrategi

Det har vært en grunnleggende idé at utryddelse av *G. salaris* med aluminiumsmetoden bør bestå av gjentatte behandlinger i to påfølgende år. Når det gjelder lengden på behandlingsperiodene og tidsrommet mellom dem, har det vært større usikkerhet. Behandlingenes varighet avhenger av hvor raskt *G. salaris* dør som følge av en aluminiumsbehandling, mens mulig gjennomførbar behandlingstid i hovedsak har vært styrt av hvor lang tid det tar før negative effekter av behandlingen gjør seg gjeldende på fisk.

Repeterte behandlinger kort tid etter hverandre, for eksempel med 2-3 ukers mellomrom kan øke sannsynligheten for å nå all infisert fisk ved et utryddelsestiltak. Dette fordi eventuelle vannføringsendringer i denne perioden sannsynliggjør at fisk flytter på seg. Dermed reduseres sannsynligheten for at samme fisk oppholder seg i det samme refugiet gjennom begge behandlinger. Repeterte behandlinger kan også være fordelaktige fordi infeksjonen av *G. salaris* vil være betydelig svekket etter den første behandlingen og forholdene vil dermed ligge godt til rette for å lykkes med utryddelse ved andregangs behandling. Viktige resultater/erkjennelser for valg av strategi er:

- Lav Al-konsentrasjon gir god effekt på *G. salaris* og ubetydelig dødelighet på fisk i behandlingsperioden (Lærdalelva 2009), men behandlingsperioden må være lang.
- En strategi basert på behandling i to uker + to uker pause + behandling i to uker ble gjennomført med suksess i Lærdalselva i 2011 og 2012.

I prosessen med valg av tidspunkt for behandling, gjennomføres det en analyse av ytre faktorer som kan påvirke muligheten for å lykkes.

### Vannføring

Vannføringen kan ikke være høyere enn at det er praktisk mulig å etablere en god logistikk for tilkjøring og dosering av kjemikaliene. Høy vannføring gir også økte utgifter til kjemikalier. Vannføringen bør heller ikke være for lav i behandlingsperioden fordi vassdrag på lav vannføring ofte har mange dammer langs elvebredden. Slike dammer som er avsnørt fra hovedelva har lav eller ingen vannutskiftning og må behandles separat. En gradvis økning i vannføring gjennom behandlingsperioden anses som gunstig under en Al-behandling. Da vil behandlet elvevann med god gjennomstrømningshastighet etter hvert fylle hele elveløpet. Høy vannhastighet anses også som en fordel fordi effekten av Al, som er tidsbegrenset, da vil vare over en lengre strekning enn ved lav vannhastighet.

### Vanntemperatur

Vanntemperaturen påvirker hvor lenge tilsatt Al holder seg på en aktiv (giftig) form, men det er i de fleste tilfeller temperaturens betydning for *atferden til ungfisk* som er avgjørende for at vanntemperatur styrer valg av behandlingstidsrom. Det avgjørende i denne sammenhengen er hvorvidt aktiviteten til fisken gjør den mer eller mindre eksponert for Al-tilsatt elvevann. Det er vist både fra eksperimenter og studier i elv at ørret og laks utviser en betydelig reduksjon i aktivitetsnivå, og da primært på dagtid, når temperaturen synker utover høst og tidlig vinter (Fraser mfl. 1993, Heggenes mfl. 1993, Bremset 2000). Videre finner Bremset (2000) i sine studier at laksungene generelt står høyere over substratet på sensommeren enn de gjør utover senhøsten mot vinteren, da de gjerne skjuler seg i selve substratet. Fisk som oppholder seg nede mellom steiner/substrat i store deler av døgnet der grunnvann potensielt kan fortynne Al-konsentrasjonen i det behandlede overflatevannet, utgjør en risiko for mislykket behandling da parasitten vil ha økt sannsynlighet for å overleve på fisk i slike områder. Det er imidlertid også viktig at temperaturen

ikke er så høy at fisk oppsøker kaldere vannforekomster, slik som grunnvann, for å få bedre levebetingelser.

### Fiskeatferd

Ørret og laks fremviser territorialatferd før og under gytingen. Slik atferd fører til betydelig økning i energi- og oksygenforbruk for fisken. Under AI-behandling vil fisken i vassdraget i noen grad bli utsatt for AI-påslag på gjellene. For enkeltindivider vil dette kunne føre til nedsatt evne til oksygenutveksling. En slik AI-påvirkning kombinert med den økte aktiviteten hos gytefisk vil kunne føre til hypoksi og død for enkeltindivider. Behandlinger med aluminiumsmetoden gjennomføres derfor om mulig i god tid før gyteperioden for laks og ørret starter.

Eksposering for lave konsentrasjoner av aluminium i tiden før og under smoltifisering har vist seg å gi redusert marin overlevelse (Kroglund mfl. 2007). Dette gjør det lite gunstig å behandle om våren, og behandlinger med aluminiumsmetoden vil derfor i hovedsak gjennomføres på høsten.

En analyse for å finne frem til optimal periode for den kjemiske behandlingen kan gjøres ved å sette aktivitetene inn i en enkel matrise (**figur 10**). Matrisen kan utvides med andre tidsavgrensede ytre faktorer ved behov.

	Juli					August					September					Oktober				November				Desember				
Uke:	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
Vannføring:																												
Vanntemperatur:																												
Gyting av ørret og laks:																												
Totalvurdering:																												
Optimal periode																												
Delvis egnet periode																												
Uegnet periode																												

**Figur 10.** Eksempel på matrise som brukes til analyse for å komme frem til det best egnede behandlingstidsrommet.

## Kostnadsestimat

**Tabell 11** viser estimerte kostnader ved en behandling med bruk av aluminiumsmetoden i Drammensregionen. Dette innebærer behandling av hele lakseførende strekning i Drammenselva (opp til Embretsfoss), Lierelva og Sandeelva. Aktivitetene vil pågå i fire år; det vil gjennomføres kartlegging og planlegging i to år, etterfulgt av to år med kjemisk behandling i vassdragene. Det er tatt utgangspunkt i middelvannføring for de tre aktuelle vassdragene på antatt behandlingstidspunkt. For Drammenselva tilsvarer dette 300 m<sup>3</sup>/s (se **tabell 7**).

Kostnadsberegningene er gjort med dagens (2018) pengeverdi og priser. Kostnadsestimatet er laget basert på den informasjonen som er tilgjengelig i dag. Det må forventes at en senere mer detaljert planlegging vil kunne føre til behov for å justere kostnadsestimatet.

I periferi og stillestående vannforekomster vil det bli brukt rotenon (**tabell 12**). Veterinærinstituttets kostnadsestimat for behandling av periferi med rotenon legges derfor til kostnadsestimatet for aluminiumsmetoden (**tabell 13**).



Anskaffelse av utstyr er en stor kostnadsestimatpost for aluminiumsmetoden. Årsaken til dette er at det skal doseres ut store kjemikalievolumer (**tabell 14**), noe som stiller krav til et betydelig antall lagertanker ved doseringsstedene. Det eksisterer pr. i dag ingen infrastruktur for metoden, verken for kjemikalielagring eller doseringsutstyr. Mye av utstyret som anskaffes kan imidlertid selges etter at vassdraget er ferdig behandlet, og det kan også være aktuelt å leie en del av utstyret i stedet for å kjøpe. Slike besparelser og inntekter er *ikke* tatt inn i kostnadsestimatet.

**Tabell 11.** Estimerte kostnader for behandling med aluminiumsmetoden for å fjerne G. salaris på lakseførende strekninger i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget. Beløpene gjelder for to år planlegging og to år behandling med 2 x 14 dager behandling hvert år. Alle tall i NOK 1000.

Timekostnader, planlegging/forberedelse	9 800
Timekostnader, infrastruktuurigging	2 700
Timekostnader, gjennomføring av behandling + felt/natt	15 800
Utstyr, innkjøp	13 600
Vektertjeneste for sikkerhetssettersyn	1 400
HMS, innleid og kjøpt utstyr (gjerder, skyllevann mm)	200
Kjemikalier, begge år	37 950
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>81 450</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>101 813</b>

**Tabell 12.** Estimerte kostnader for rotenonbehandling av periferi ved bruk av aluminiumsmetoden. Beløpene gjelder for to år planlegging og to år behandling med 2 x 14 dager behandling hvert år. Alle tall i NOK 1000.

Timekostnader	14 800
Reise, kost, natt og felt	360
Drift, to behandlinger med innleid personell	2 530
Utstyr, to behandlinger	100
Rotenon, begge år*	865
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>18 655</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>23 318</b>

\* Rotenonforbruk er beregnet til 665 liter pr år

**Tabell 13.** Samlet kostnadsestimat er for aluminiumsmetoden og rotenonbehandling i periferi. Beløpene gjelder for to år planlegging og to år behandling med 2 x 14 dager behandling hvert år. Alle tall i NOK 1000.

Totale kostnader for behandling med aluminiumsmetoden og rotenon i periferi	
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>100 115</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>125 131</b>

**Tabell 14.** Beregnet forbruk av Svovelsyre og aluminiumsløsninger pr. år for å fjerne *G. salaris* på lakseførende strekninger i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget. Alle tall i 1000 liter.

Lokalitet	96 % svovelsyre	50 % svovelsyre	AIS-løsninger
Drammenselva	6 040	656	2 085
Lierelva	75	129	261
Sandeelva	197	90	150
<b>Sum</b>	<b>6 312</b>	<b>875</b>	<b>2 496</b>

## 9.4 Klormetoden

### Bruk av klor som desinfeksjonsmiddel

Klor er verdens mest brukte desinfeksjonsmiddel. Klor som natriumhypokloritt eller kloramin tilsettes for eksempel til drikkevann som desinfeksjonsmiddel før vannet pumpes ut i ledningsnettet. Ved Oset renseanlegg (Oslo kommune, vann- og avløpsetaten) nær Maridalsvannet gjennomføres UV-behandling av drikkevannet, men det tilsettes i tillegg ca. 300 µg klor som natriumhypokloritt pr. liter drikkevann som sikkerhetsdose sammen med UV-behandling. Når vannet når frem til forbruker er nivået av fri klor nesten ikke målbart ( $\leq 10$  µg/L), og total klor i gjennomsnitt 35 µg/L (målt hos Oslo Vannverk 2016). Til sammenlikning ble det i 2016 i gjennomsnitt målt 600 µg/L fri klor i drikkevannet ved de 1000 overvåkingsstasjonene av drikkevann som er distribuert rundt i New York City.

De lave konsentrasjonene av klor i ledningsnettet i Oslo skyldes primært at desinfeksjon med UV-lys muliggjør bruk av lave klordoser. Historisk har det imidlertid blitt tilsatt betydelig mer klor til drikkevannet i Oslo. Under høst- og våromrøringen i Maridalsvannet, vil overflatevann blandes inn slik at patogene organismer kan nå vanninntaket på 32 meters dyp. Før 2008, da UV-behandling ennå ikke var tatt i bruk som hovedmetode for desinfeksjon ved Oset renseanlegg, hendte det at klordoseringen ble økt i disse periodene av året slik at tilsatt klorkonsentrasjon kunne være opp mot 500 µg klor/L.

### Utvikling av klormetoden

Uttesting av klorforbindelser for å fjerne *G. salaris* fra laksunger har en kort historie. Effekten av svært lave konsentrasjoner av klor mot *G. salaris* ble oppdaget tidlig på 2000-tallet (Sigurd Hytterød & Kjetil Olstad, upubliserte data). Ved Veterinærinstituttet i Oslo og Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo har det i en årrekke vært utført forskning på *G. salaris*. Råvannkilden til akvarieavdelingene er fra Oset renseanlegg ved Maridalsvannet, og som en del av renseprosessen lokalt i akvarieavdelingen føres vannet gjennom et kullfilter for fjerning av klorrest fra drikkevannet. Under en periode med forsøk fra 2001-2003 døde imidlertid infeksjonen av *G. salaris* ut på laks holdt i akvarieavdelingen på Veterinærinstituttet, på uforklarlig vis. Samtidig var det ved Naturhistorisk museum ingen problemer med å opprettholde parasittinfeksjonen, tross samme vannkilde i Oslo. Etter betydelig feilsøking ble det funnet en feil med kullfilteret ved Veterinærinstituttet. Det ble imidlertid ikke funnet målbart fri klor i vannet, det vil si alle prøvesvar var under deteksjonsgrensen for metoden ( $< 10$  µg/L). Konklusjonen ble etter hvert at de små og ikke målbare mengdene klor som slapp forbi kullfilteret likevel måtte være tilstrekkelig til å ta livet av *G. salaris*. Laksungene som gikk i forsøkskarene var tilsynelatende upåvirket av dette klornivået.

Disse observasjonene ga grunnlag for idéen om bruk av klor som metode mot *G. salaris* i smittede laksevassdrag i Norge.

Natriumhypokloritt brukes ikke bare i forbindelse med drikkevannsbehandling men også til annen desinfeksjon, for eksempel i form av produktet Klorin som er vanlig i norske hjem. Stoffet er derfor i utgangspunktet godt kjent og lett tilgjengelig. Det er også godt kjent at klorutslipp til vassdrag har en negativ effekt på vannlevende organismer. I litteraturen er det imidlertid store variasjoner i de konsentrasjoner av klor som oppgis å ha negativ effekt på ulike organismer.

Effekten på *G. salaris* inntreffer ved lavere klorkonsentrasjoner enn effekter på laks (Hagen mfl. 2014, 2018). Dette gir en terapeutisk margin som gjør det mulig å få god effekt mot parasitten uten å drepe laksen.

Lovende resultater fra laboratorieforsøk (Hagen mfl. 2014) ledet til forsøk på elvebredden ved Drammenselva i stamfiskhuset til Hokksund og Åmodt kultiveringsanlegg i 2015. Forsøket viste at klorforbindelser er svært effektivt mot *G. salaris* i vann fra Drammenselva. Tilsetning av 30-50 µg klor/L fjernet *G. salaris* fra laksunger i løpet av 2-6 døgn. I dette forsøket ble klorforbindelsene tilsatt som kloramin, og effekten mot parasitten var svært god, selv med en aldringstid for vannet på 120 minutter etter kloramintilsetningen. Det ble også her dokumentert en god terapeutisk margin, det vil si ingen dødelighet hos laksungene som kunne relateres til kloreksponeringen, innenfor behandlingstiden som var nødvendig for å fjerne alle *G. salaris*.

I 2017 ble det gjennomført et feltforsøk i Glitra, en sideelv til Lierelva i Buskerud (Hagen mfl. 2018). Formålet med forsøket var å undersøke hvorvidt kloramin hadde god effekt mot parasitten også i et naturlig elvesystem. Samtidig ble det undersøkt om klorkonsentrasjonen i forsøket hadde negative effekter på laks eller vannlevende insekter. Glitra har sammenliknbar vannkjemi med Drammenselva ved Hellefoss (**tabell 15**), noe som gjorde vassdraget aktuelt for forsøket med tanke på eventuell senere oppskalering av forsøksbehandlingen.

**Tabell 15.** Vannkjemiske data fra Drammenselva ved Hellefoss og Glitra rett før samløp med Nordelva/Lierelva.

Lokalitet	Dato	pH	Konduktivitet (mS/m)	TOC (mg/L)	Alk <sub>4.5</sub> (mmol/L)	ANC (µEkv/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	SO <sub>4</sub> (mg/L)	Al/R (µg/L)
Hellefoss	06.12.16	7,10	3,3	3,2	0,187	199	3,9	0,54	2,58	17
Glitra	08.12.16	7,49	6,8	5,8	0,543	573	11,4	0,56	2,63	80

I forsøket ble det undersøkt hvorvidt naturlige faktorer som spiller inn i et vassdrag, slik som UV-innstråling, turbulens i vannet og reaksjon med bunnsubstrat, kunne redusere effekten av kloramin mot parasitten.

Forsøket viste at kloramin hadde dødelig effekt på parasitten, også ved tilsetning direkte i en naturlig elv. Det ble også observert viktige sammenhenger mellom konsentrasjon, oppholdstid og effekt mot parasitten. Forsøkene viste at monokloramin har god behandlende effekt mot *G. salaris* når kjemikaliet tilsettes og transporteres med vannmassene i et naturlig vassdrag, og at effekten fra ett doseringspunkt vedvarte i minimum 80 minutter under de gitte betingelsene i Glitra (Hagen mfl. 2018). Dette vil i de fleste praktiske sammenhenger bety at en kloraminbe-

handling kan gjennomføres med et akseptabelt nivå av logistikk i større vassdrag, med et moderat antall påfriskningsstasjoner for kloramintilsetning. Det ble ikke observert vesentlige negative effekter på laksunger under kloraminforsøket i Glitra.

## Planlagt videre utvikling av klormetoden 2018-2020

Miljødirektoratet har i 2018 skrevet kontrakt med NIVA om gjennomføring av videre utvikling av klormetoden. Kontrakten gjelder for 2018, men med opsjon på ytterligere utvikling av metoden i 2019 og 2020 hvis resultatene er gode og videre utvikling er hensiktsmessig, og under forutsetning av nødvendige økonomiske rammer hos Miljødirektoratet.

### 2018 (kontraktfestet):

#### *Effekter og restitusjon hos laks i to livsstadier ved langtidseksponering for kloramin*

Forsøket vil etablere omfattende kunnskap om effekter på to livsstadier av laks, som følge av en kloreksponering som er sammenlignbar med en eventuell klorbehandling mot *G. salaris* i et vassdrag. I tillegg vil forsøket gi erfaring med å observere atferden til fisk som blir eksponert for en noe høyere dose klor enn den som pr. dags dato regnes som optimal ved behandling mot *G. salaris*. På denne måten vil det bli mulig å identifisere avvikende atferd på et tidlig stadium under en behandling i felt og stor skala, og det vil også være kjent hvor raskt og godt fisken eventuelt restituerer fra påkjenningen.

#### *Storskala forsøk i Batnfjordselva*

Målet med forsøket er å få bedre kjennskap til dosering av kloramin i stor skala, og særlig få erfaring med den vannkjemiske og praktiske dynamikken ved bruk av påfriskningsstasjoner for kjemikaliedosering. Forsøket er planlagt gjennomført i øverste del av Batnfjordselva i Møre og Romsdal høsten 2018.

### 2019 (opsjon):

#### *Fullskala testbehandling i Batnfjordselva*

Resultatene fra årets planlagte forsøk i Batnfjordselva vil ligge til grunn for et design av en fullskala testbehandling i Batnfjordselva. Målet vil være å behandle alt rennende vann med kloramin.

#### *Andre forskningsaktiviteter*

- Test av ferdig blandet kloraminløsning for bekker og små sidevassdrag.
- Utvikling av metodikk for, og forberedelse til, fullskala testbehandling fra ett doseringspunkt i Driva/Drammen 2020

### 2020 (opsjon):

#### *Fullskala testbehandling fra ett doseringspunkt i Driva/Drammen.*

Det planlegges for en kloramindosering fra ett tilsetningspunkt i Drammen (evt i Driva). De mest aktuelle lokalitetene er trolig Hellefoss eller Døvikfoss i Drammenselva, eventuelt ved fiskesperra i Driva. Forsøket vil gi erfaring med logistikken og innblandingsteknikken i stor skala.

#### *Andre forskningsaktiviteter*

- Effekter av klorbehandling mot *G. salaris* i brakkvann – ulike sjøvannsinnblandinger
- Utvikling av tabletter og drasjering av disse for bruk i stillestående vannforekomster i tillegg til rotenon

## Behandlingsmetode

Klormetoden er en forenklet term for behandling med monokloramin som virkestoff mot *G. salaris*. Klormetoden vil bli utviklet for å bekjempe *G. salaris* i elver, samtidig som bestandene av fisk og annet akvatisk liv i vassdraget overlever behandlingen.

Monokloramin dannes ved å la ammoniumklorid reagere med natriumhypokloritt i et reaksjonskammer med pH cirka 8,3. Monokloramin dannes raskt, innen sekunder, og kan ledes direkte ut til elv og distribueres på tvers av elveprofilet ved hjelp av dyser eller liknende, tilsvarende det som gjøres ved annen kjemisk behandling.

Monokloramin er valgt fremfor hypokloritt som virkestoff fordi det er betydelig mer stabilt, og dermed vil ha en lengre virketid mot *G. salaris* i vassdraget. Monokloramin vil også være mindre reaktivt rett etter dosering til elvevannet, og kan således forventes å ha mindre negative effekter nær doseringsstedet enn ved tilsetning av klor som natriumhypokloritt.

Klormetoden er under utvikling, og ikke utprøvd i fullskala i et helt elvesystem. Beskrivelsen av behandlingsmetoden må derfor betraktes som en skisse for hvordan det er tenkt at en behandling vil bli gjennomført.

Ved en behandling mot *G. salaris* der målet er å utrydde parasitten, vil monokloramin bli brukt i hovedelva og alle vannforekomster med rennende vann. Tilsvarende som for aluminiumsmetoden, forventes det at CFT-Legumin vil bli brukt i vannforekomster der det er lite hensiktsmessig å bruke kloramin.

Metoden er pr. i dag basert på at monokloramin tilsettes som en nominell dose på 20-40 µg/L, men metodeutvikling vil avgjøre om dette konsentrasjonsnivået er mest hensiktsmessig under en fullskala behandling. Klorkonsentrasjonen vil trolig være noe høyere i vassdrag med høy konsentrasjon av løst organisk materiale i vannet enn i ionefattige klarvannsvassdrag, men her gjenstår det også uttesting og forskning.

Klor leveres som 14-17 % vannopløst natriumhypokloritt, og er en lett tilgjengelig handelsvare som kan leveres i store volumer. Hypokloritt doseres ut i elv sammen med ammoniumklorid, begge kjemikalier i såpass små mengder at det kan tolereres ganske store vannføringsendringer også i en så stor elv som Drammenselva. På det utviklingsstadiet metoden er på i dag, fremstår den med en unik robusthet med tanke på vannføringsendringer under behandlingen.

Som for annen kjemisk behandling mot *G. salaris*, må alle vannforekomstene i vassdraget som kan være oppholdssted for laksunger behandles, og kloraminkonsentrasjonen i vannet må opprettholdes i en viss tid for at klor skal drepe alle *G. salaris*-individene i vassdraget. Behandlingsstrategien vil være avhengig av formålet med tiltaket. Smittereduserende behandling vil kreve kortere effektiv behandlingstid enn utryddelsesbehandlinger og smittereduserende behandlinger kan gjennomføres i utvalgte deler av vassdraget.

Doseringsteknikkene som vil bli brukt ved kloraminbehandling er basert på samme teknikk som for kjemikalietilsetning som brukes i forsured vassdrag (kalking og silikattilsetning), samt deler av eksisterende metodikk for aluminiumsmetoden. Hypokloritt og ammoniumklorid tilsettes proporsjonalt med vannføring til et reaksjonskammer. En god styring av doseringen er avgjørende for at elvevannet skal få en kjemisk sammensetning som fjerner *G. salaris* fra laks. For lav klorkonsentrasjon vil ikke gi tilstrekkelig behandling, mens for høy klorkonsentrasjon kan føre til skade på fisk og annen akvatisk fauna.

Ved klorbehandling mot *G. salaris* tror vi det er best å behandle ved vanntemperaturer der laks-ungene er mest aktive, det vil si i temperaturområdet fra 8-16 °C.

## HMS

Behandling med kloramin fra flere store og små doseringsanlegg over flere døgn forutsetter sterkt fokus på helse, miljø og sikkerhet (HMS). Som grunnlag for en behandling må det utarbeides en sikker jobbanalyse, som beskrevet for aluminiumsmetoden i **kapittel 9.3**.

Hypoklorittløsningen som brukes til fremstilling av kloramin inneholder 15 % hypokloritt. Dette er et sterkt etsende oksidasjonsmiddel, og må håndteres av kvalifisert personell (se sikkerhetsdatablad for hypokloritt) Alle materialer som vil komme i kontakt med konsentrert hypoklorittløsning må tåle hypokloritt. Ammoniumklorid er et hvitt salt med god løselighet i vann (37g/100g ved 20 °C). Konsentrert vandig løsning er moderat sur (pH 4,7). Ammoniumklorid kan doseres som slurry eller som pulverdosing. Ammoniumklorid er farlig ved svelging og kan gi øyeirritasjon.

Samlet sett vil det ved håndtering av konsentrerte kjemikalier være nødvendig med verneutstyr tilsvarende det som er vanlig ved Al-behandlinger. Løsningen som kommer ut av reaksjonskammeret og doseres til elvevannet er betydelig fortynnet, og inneholder typisk 200 mg klor/L (0,02 % løsning). Dette tilsvarer anbefalt dosering av Klorin for 45 minutters bleking av kluter og lignende (50 mL Klorin i 10 L vann) i husholdningen, og vil trolig ikke representere akutt helsefare ved eksponering. Behovet for konkrete HMS-tiltak ved doseringsanleggene er ikke kartlagt, men det er svært sannsynlig at tiltakene vil bli tilsvarende som ved bruk av aluminiumsmetoden i **kapittel 9.3**.

## Behandlingsstrategi

Klormetoden er som nevnt under utvikling. Overordnet strategi som karlegging, planlegging og valg av behandlingstidspunkt med hensyn på fiskeatferd og vannføring vil være tilsvarende som for aluminiumsmetoden. Fastsettelse av optimal behandlingsvarighet og klorkonsentrasjon er under utvikling, men prinsippene for Al-behandling vil også gjelde for klormetoden. Behandling må gjennomføres med en klordose (konsentrasjon og behandlingstid) som dreper parasitten i hele vassdraget, samtidig som fisk og annen akvatisk fauna overlever behandlingen. Utryddelse av *G. salaris* med klormetoden bør bestå av gjentatte behandlinger, som for rotenon- og aluminiumsmetoden.

## Analyser og dokumentasjon

Behandlingen dokumenteres gjennom vannkjemiske analyser på stedet. Innholdet av klor i vannet analyseres ved hjelp av en fargemålingsmetode som er spesialtilpasset for å sikre svært lav deteksjonsgrense for klor. Andre vannkjemiske parametere slik som pH, totalt organisk karbon (TOC), temperatur og liknende innhentes ved behov. De ulike arbeidsoppgavene i felt vil være dokumentert i arbeidsprosedyrer.

## Kostnadsestimat

**Tabell 16** viser estimerte kostnader ved en behandling med bruk av klormetoden i Drammensregionen basert på et beregnet antatt forbruk av natriumhypokloritt og ammoniumklorid (**tabell 17**). Aktivitetene vil pågå i fire år; det vil gjennomføres kartlegging og planlegging i to år, etterfulgt

av to år med kjemisk behandling av Drammenselva, Lierelva og Sandeelva. Det er tatt utgangspunkt i middelvannføring for de tre aktuelle vassdragene på antatt behandlingstidspunkt. For Drammenselva tilsvarer dette 300 m<sup>3</sup>/s. Kostnadsberegningene er gjort med dagens (2018) pengeverdi og priser. Kostnadsestimatet er laget basert på den informasjonen som er tilgjengelig i dag. Det må forventes at en senere mer detaljert planlegging vil kunne føre til behov for å justere kostnadsestimatet.

Klormetoden er fortsatt under utvikling, og det er usikkerheter knyttet blant annet til hvor hyppig det vil kreves påfriskningspunkter, samt detaljert design av storskala doseringsstasjoner. Det er tatt høyde for at behandlingene skal vare 14 dager, slik som for aluminiumsmetoden. Utfra forskningen som er gjort på metoden hittil kan det tenkes at behandlingsperiodene kan velges å være noe kortere, og slik kan kostnadsestimatet som vises her være konservativt.

Det er pr. i dag ikke klart hvordan periferi og stillestående vannforekomster skal behandles under en klorbehandling. Det er imidlertid sannsynlig at det vil bli brukt rotenon, tilsvarende som for aluminiumsmetoden (**tabell 18**). Veterinærinstituttets kostnadsestimat for behandling av periferi med rotenon legges derfor til kostnadsestimatet for klormetoden (**tabell 19**).

**Tabell 16.** Estimerte kostnader for behandling med klormetoden for å fjerne G. salaris på lakseførende strekninger i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget. Beløpene gjelder for to år planlegging og to år behandling med 2 x 14 dager behandling hvert år. Alle tall i NOK 1000.

Timekostnader, planlegging/forberedelse	9 800
Timekostnader, infrastrukturegging	1 300
Timekostnader, gjennomføring av behandling + felt/natt	15 900
Utstyr, innkjøp	6 550
Vektertjeneste for sikkerhetstilsyn	1 400
HMS, innleid og kjøpt utstyr (gjerder, skyllevann mm)	200
Kjemikalier, begge år	4 850
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>40 000</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>50 000</b>

**Tabell 17.** Beregnet forbruk av natriumhypokloritt og ammoniumklorid per år for å fjerne G. salaris på lakseførende strekninger i Drammensvassdraget, Liervassdraget og Sandevassdraget. Alle tall i 1000 liter (hypokloritt) og tonn (ammoniumklorid).

Lokalitet	Natriumhypokloritt	Ammoniumklorid
Drammenselva	346	92
Lierelva	2	0,6
Sandeelva	2	0,4
<b>Sum</b>	<b>350</b>	<b>93</b>

**Tabell 18.** Estimerte kostnader for rotenonbehandling av periferi ved bruk av klormetoden. Beløpene gjelder for to år planlegging og to år behandling med 2 x 14 dager behandling hvert år. Alle tall i NOK 1000.

Timekostnader	14 800
Reise, kost, natt og felt	360
Drift, to behandlinger med innleid personell	2 530
Utstyr, to behandlinger	100
Rotenon, begge år*	865
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>18 655</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>23 318</b>

\* Rotenonforbruk er beregnet til 665 liter pr år

**Tabell 19.** Samlet kostnadsestimat for klormetoden og rotenonbehandling i periferi. Beløpene gjelder for to år planlegging og to år behandling med 2 x 14 dager behandling hvert år. Alle tall i NOK 1000.

Totalt kostnader for behandling med klormetoden og rotenon i periferi	
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>58 655</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>73 318</b>

## 9.5 Effekter av kjemikaliebruk på andre vannlevende organismer

I en oversikt over arter og grupper av dyr som er tilknyttet ferskvann i Norge, angir Aagaard & Dolmen (1996) at 2794 arter var registrert pr. mars 1996. Noen av disse artene er godt kjent, slik som laks, ørret, kreps, elvemusling, og arter av fugl og pattedyr med tilknytning til vann. Andre arter, som mange av gruppene av virvelløse dyr, er ganske ukjente og vi vet ikke hvor presis denne opptellingen er. Vi vet imidlertid at mange grupper av virvelløse dyr inneholder et stort antall arter både nasjonalt og regionalt. Vi vet også at toleransen overfor rotenon, surt aluminium og klor kan variere mellom ulike dyregrupper i ferskvann. Her har vi samlet kunnskap om dette som er relevant for å forstå miljøeffektene av en kjemisk behandling av Drammensregionen.

For Lierelva er forekomsten av bunndyr beskrevet i egen fagrapport i forbindelse med utarbeidelsen av vannbruksplan for Liervassdraget i 1990. Vi kjenner ikke til at det finnes egne rapporter om Drammenselva og Sandeelva. Bunndyr er en felles betegnelse på vannlevende arter av snegler, muslinger og insekter som i ett eller flere livsstadier er tilknyttet elvebunnen eller bunnen av en innsjø.

### Miljøeffekter av rotenon

Rotenon er kjent som en gift som tar livet av fisk, men har tidligere også blitt brukt for å bekjempe skadeinsekter i landbruket. Rotenon har en hurtig, men meget kortvarig virkning. Rotenon degraderes generelt raskt i naturen gjennom ikke-biologiske mekanismer (hydrolyse og fotolyse) (Finlayson mfl. 2010). Nedbrytingen er temperaturavhengig. Rotenon akkumuleres i svært liten grad i akvatiske organismer.

Det er opp gjennom årene gjort mange undersøkelser på miljøeffektene av rotenonbehandlinger. Disse viser i korte trekk at mange bunndyr dør under en behandling, men at bunndyrene reetableres forholdsvis raskt i tiden etter at behandlingen er avsluttet (Arnekleiv mfl. 1997, 2015). Det



er en artsspesifikk respons blant vannlevende virvelløse dyr overfor rotenon (Engstrom-Heg mfl. 1978, Mangum & Madrigal 1999, Eriksen mfl. 2009). De mest rotenonfølsomme gruppene og artene opplever en umiddelbar effekt, mens de mer tolerante har en litt forsinket respons (Arnekleiv mfl. 2001, Gladsø & Raddum 2000). Reetableringen av de fleste grupper med virvelløse dyr er rask og ofte komplett i løpet av et år (Arnekleiv mfl. 1997, Fjellheim 2004, Eriksen mfl. 2009, Arnekleiv mfl. 2015).

Vinson mfl. (2010) sammenstilte en rekke internasjonale undersøkelser på rotenonbehandlings virkning på virvelløse dyr. Denne viser at sensitiviteten for rotenon varierer sterkt både mellom og innen samme dyregruppe. Bunnlevende virvelløse dyr er mindre sensitive enn de som lever i vannmassene i innsjøer (dyreplankton), små virvelløse dyr later til å være mer sensitive enn store, og de som puster med gjeller i vann ser ut til å være mer sensitive enn de som tar opp oksygen på andre måter. Studier på langtidsvirkningen av rotenonbehandlinger som er gjort i stillestående vann viser at det kan ta fra en måned til tre år før dyreplanktontettheten er på samme nivå som før behandlingen, og at artssammensetningen av bunndyr var den samme som før behandling innen et år (Vinson mfl. 2010).

Ved rotenonbehandlingen mot ørekyt (*Phoxinus phoxinus*) på Hardangervidda i 1999-2000 ble det utført bunndyrundersøkelser. Her ble det påvist til dels stor dødelighet av bunndyr under behandlingen, men både artsmangfoldet og tettheten av bunndyr var høy kort tid etter. Året etter behandlingen ble det ikke påvist signifikante forskjeller mellom tilstanden før og etter behandlingen. Det ble her konkludert med at bunndyr har en sterk evne til å overleve rotenonbehandlinger enten ved at de er motstandsdyktige mot rotenon eller at de har stor evne til rekolonisering (Fjellheim 2004). Internasjonale studier i rennende vann viser en stor nedgang i tetthet og artsrikdom under en rotenonbehandling. Tiden det tar før alle bunndyrartene er tilbake til samme nivå som før behandling, varierer fra måneder til år. I enkelte studier har det tatt over to år, og opp til 5 år, før enkelte arter var tilbake på samme nivå som før behandlingen (Vinson mfl. 2010).

Ved rotenonbehandlingen av Rauma i 1993 ble det foretatt bunndyrundersøkelser. Det ble der konkludert med at det skjedde en rask reetablering av bunndyr etter elvebehandlingen og at alle de tallrike artene innen grupper av virvelløse dyr som snegler, biller, døgnfluer, steinfluer og vårfluer ble registrert i stort antall innen et år etter behandlingen. Tre år etter behandlingen viste det generelle artsmangfoldet i fjærmyggsamfunnet liten eller ingen endring i forhold til situasjonen før behandlingen (Arnekleiv mfl. 1997).

Ved rotenonbehandlingen av Lærdalsvassdraget i 1997 ble det gjort studier på bestandsendringer av vassdragsknyttede fuglearter. Laksand (*Mergus merganser*) hadde sannsynligvis en tilbakegang året etter behandling pga. begrenset tilgang på ungfisk. Bestandene av insektspisende arter som fossekall (*Cinclus cinclus*), strandsnipe (*Actitis hypoleucos*) og linerle (*Motacilla alba*) økte etter rotenonbehandlingen. Dette kunne skyldes årsvariasjoner, men rask rekolonisering av akvatiske insekter og redusert næringskonkurransen fra fisk ble også nevnt som mulige årsaker til dette (Håland & Overvold 1999).

Alle disse studiene har blitt gjennomført med rotenonløsninger med 2,5 % rotenon som inneholder synergisten piperonylbutoksid. Piperonylbutoksid er fjernet fra dagens løsning (CFT-Legumin 3,3 %). Studier viser at dagens løsning er mindre giftig for bunndyr uten at giftigheten for fisk har blitt redusert (Finlayson mfl. 2009).

Denne nye rotenonløsningen ble brukt ved rotenonbehandling av Vikerauntjønna i Trondheim for å utrydde mort (*Rutilus rutilus*) i 2015. Konklusjonen etter undersøkelser før og etter behandlingen viste at dyreplanktonet ble kortvarig slått ut med påfølgende rask reetablering i 2015. Marflo (*Gammarus lacustris*), gråsugge (*Asellus aquaticus*) og småmuslinger fikk en svak økning i tetthet etter behandlingen. Dette trolig som følge av redusert fiskespising. Likeså overlevde edelkreps (*Astacus astacus*) behandlingen i stort antall og også de to amfibiartene buttsnute-frosk (*Rana temporaria*) og nordpadde (*Bufo bufo*) ble registrert med både voksne individer, eggklaser og larver i tjønna etter behandling. Rotenonbehandlingen hadde generelt liten eller ingen effekt på det biologiske mangfoldet i tjønna (Arnekleiv mfl. 2015), på lang sikt.

Elvene i Drammensregionen har elvemusling (*Margaritifera margaritifera*) på lakseførende strekning. Rotenonbehandling av elv påvirker ikke elvemusling negativt siden muslingene lukker seg når rotenonskyen kommer (Larsen mfl. 2011). Ved langvarige innsjøbehandlinger med rotenon der muslingene er utsatt for rotenon i flere måneder, slik som i Fusta i Nordland, dør elvemuslingene nedstrøms innsjøen (Bjørn Mejdell Larsen, NINA, personlig meddelelse).

### Miljøeffekter av aluminium

Aluminium er det tredje mest vanlige grunnstoffet i jordskorpa og forekommer i ulike mengder i de fleste bergarter. Når surt vann kommer i kontakt med jordsmonn som har dårlig bufferkapasitet vil aluminiumsforbindelser kunne vaskes ut i innsjøer og elver (Cronan & Schofield 1979). Miljøeffekter av aluminium i surt vann er godt kjent (se Gensemer & Playle 1999). Negative effekter på fisk, bunndyr og vannvegetasjon i forsurede vassdrag er uomtvistelige. De fleste negative effekter er funnet i forsuret vann som har hatt forhøyet konsentrasjon av aluminium i lang tid (år). Det er forholdsvis godt kjent hvilke dyregrupper i ferskvann som er mest følsomme overfor forsurening.

Effekter etter korttidseksposering for Al i ikke-forsurede vassdrag, slik som ved bruk av aluminiumsmetoden, er det antakelig ikke mulig å finne eksempler på i naturen. Det nærmeste man kommer er sjøsaltepisoder, der ionebytteprosesser i jorda fører til mobilisering av aluminium i forbindelse med kraftig uvær. Mobilisering av aluminium i slike tilfeller forutsetter forsurening og at aluminium er lett tilgjengelig i jorda.

I forbindelse med de første aluminiumsbehandlingene mot *G. salaris* i Batnfjordselva, Lærdalselva og Steinkjervassdraget, ble det registrert endringer i bunndyrsamfunnet (Bongard 2005, Halvorsen & Heegaard 2007, Kjærstad & Arnekleiv 2007), og da primært de forsurede følsomme gruppene av bunndyr. De berørte artene ble reetablert til tidligere nivå i løpet av forholdsvis kort tid. I Steinkjervassdraget ble det i tillegg til arter som er sjeldne både nasjonalt og regionalt, også påvist rødlistearter som ikke ble registrert som negativt påvirket av behandlingen.

### Miljøeffekter av klor

Miljøeffekter av klor i vassdrag er relativt godt kjent. Negative effekter på fisk, bunndyr og vannvegetasjon i vassdrag ved alvorlige klorutslipp er undersøkt tidligere. Det er imidlertid begrenset støtte i litteraturen for å kunne si noe om effekter av så lave klorkonsentrasjoner som det som brukes ved behandling med kloramin mot *G. salaris*. Undersøkelser i 2017 i Glitra gir gode indikasjoner på at behandlinger med kloramin kan gjennomføres i vassdrag uten at det oppstår betydelige negative effekter på fisk eller vannlevende virvelløse dyr (Hagen mfl. 2018, Eriksen 2018).

Klor er et oksidasjonsmiddel som kan ha en korrosiv virkning på biologiske overflater, for eksempel på fiskegjeller. Dette antas å kunne medføre fysiologiske responser slik som endret blodkjemi og fysiske endringer i gjelleoverflaten. Selv om metodeutviklingen hittil viser at laks tåler behandlingen godt, kan det ikke utelukkes at det vil kunne oppstå skader eller dødelighet ved bruk av høyere klordoser eller lengre behandlingsperioder enn det som er testet.

Undersøkelser av bunndyrsamfunnet under kloraminforsøket i Glitra i 2017 viste at denne hadde liten sporbar effekt på bunndyrene, og vanlig tiltaksrettet overvåkning i form av sparkeprøver fanget ikke opp effekter av kloreksponeringen (Eriksen mfl. 2018). Ved hyppig prøvetaking og ulike prøvetakingsmetoder (sparkeprøver, drivprøver og såkalte Surberprøver), ble det likevel påvist effekter av behandlingen. Den tydeligste effekten ble funnet for døgnfluefamilien Baetidae, som hadde økte tettheter i drivprøver, reduserte tettheter i Surberprøver samt lavere dominans i sparkeprøver utover i behandlingsperioden. Et interessant moment er likevel at både aluminiums- og rotenonbehandlinger har forårsaket nokså umiddelbare responser i drivtettheter for Baetidae (Eriksen 2008), mens ingen slike effekter ble påvist de første fire timene av kloraminbehandling (Eriksen mfl. 2018). Det ser derfor ut til at effekten kommer senere, og funnene samsvarer med funn fra laboratorieforsøk, der følsomheten for klor økte med eksponeringstiden (Williams mfl. 2003). Ingen av bunndyrartene ble utryddet av kloraminforsøket i Glitra.

Elvemusling ser ut til å tåle klor godt. Et stort natriumhypoklorittutslipp i Akerselva i mars 2011 forårsaket høy dødelighet hos fisk, kreps og bunndyr. Den direkte effekten av utslippet ble ikke registrert, men i og med at det året etter ble funnet mange ørretunger med elvemuslinglarver (glochidier) på gjellene samt at elvemusling bruker 15-20 på å bli kjønnsmodne (Saltveit mfl. 2012), kan det se ut til at utslippet hadde begrenset effekt på elvemusling.

### Sammenliknende studier av rotenon og aluminium

Sammenlikninger gjort på samme tid på året og under nesten identiske vannførings- og temperaturforhold av de kjemiske behandlingene i Steinkjervassdraget i 2002 (rotenon) og i 2006 (AIS som hovedkjemikalium), tyder på at aluminiumsmetoden er mer skånsom for bunndyr enn rotenonmetoden (Kjærstad & Arnekleiv 2007).

Motsatt konklusjon ble funnet i en sammenlikning av de to metodene i Lærdalselva, der aluminiumsmetoden (2005-2006) ble brukt til en annen tid på året enn rotenon (1997). I denne sammenlikningen konkluderte Halvorsen & Heegaard (2007) med at aluminium kunne ha større negativ effekt på bunndyrene enn rotenon. Denne konklusjonen gjaldt særlig de forsuringsfølsomme artene, slik som den vanlige døgnfluen *Baetis rhodani*, som ble mer påvirket og senere reetablert enn i tidligere undersøkelser. Forskjellene i konklusjon mellom ulike studier, år og elver kan ha flere årsaker, blant annet tidspunkt på året for kjemikaliebehandlingen, innsamlings- og analysemetodikk, hvilke arter og artsgrupper som ble undersøkt, og om flom like etter en kjemikaliebehandling kunne sikre rask reetablering fra områder oppstrøms den behandlede elva.

Sammenlikningsgrunnlaget av de ulike metodene for å bekjempe *G. salaris* med hensyn til effekt på andre vannlevende organismer enn fisk er ennå tynt.

## 10 Behov for bevaring av fiskebestander

I Drammensregionen er det registrert mer enn 20 ferskvannsfiskearter. Dersom rotenon skal benyttes for å utrydde *G. salaris* vil det bli behov for å gjennomføre bevarings- og reetablerings-tiltak for noen av fiskebestandene. Dersom surt aluminium eller kloramin skal benyttes vil det ikke være behov for bevaring av fiskebestander fordi målet med disse to metodene er at fisk overlever den kjemiske behandlingen. Toleransegrenser overfor rotenon, surt aluminium og klor for alle arter som er tilstede på anadrom strekning under en behandling er imidlertid ikke kjent (Ling mfl. 2003, Mo 2017).

Mo (2017) har skrevet et notat som oppsummerer resultatene fra relevante undersøkelser på ulike fiskearters toleranse overfor rotenon. Et flertall av undersøkelsene som foreligger omfatter imidlertid fiskearter og fiskefamilier som ikke lever i Norge. I og med at det er store forskjeller i følsomhet og toleranse mellom fiskearter, er det vanskelig å bruke disse resultatene til å si noe sikkert om toleransen til de aktuelle ferskvannsfiskeartene i Drammensregionen (Mo 2017). Generelt kan det sies at laksefisk er mer følsomme overfor rotenon enn karpefisk.

Det finnes flere mulige strategier for bevaring av aktuelle fiskearter: *Langtidsoppbevaring*, *korttidsoppbevaring*, *levende genbank* og *kultivering*. Alle bevaringsstrategier medfører at man må fange fisk av aktuelle arter i regionen. I tillegg er det en aktuell strategi å prøve å fange fisk i innledende fase av en eventuell rotenonbehandling. Berørt fisk har en svimefase i overflaten der de er relativt lett å fange. Ved å overføre slik fisk til kar med rent oksygenrikt vann, så kan man trolig berge en del. Dette er tidligere prøvd med suksess på ørekyt, mens det ikke fungerte på sjørørret som har veldig lik toleranse overfor rotenon som laks.

### *Langtidsoppbevaring*

Med langtidsoppbevaring menes å fiske opp artene og flytte dem til lokaliteter som ikke påvirkes ved en rotenonbehandling. De aktuelle fiskeartene må fanges i god tid før en rotenonbehandling og oppbevares ved de upåvirkede lokalitetene i mer enn to år før de settes tilbake i vassdragene. En utfordring med langtidsoppbevaring er at man ikke kjenner smittestatus og hvilke infeksjoner de ulike fiskeartene kan ha. Metoden forutsetter videre at man klarer å føre fisken i fangenskap og i tillegg klarer å bekjempe eventuelle sykdommer.

### *Korttidsoppbevaring*

Ved korttidsoppbevaring fanges fisk forut for hver behandling, og settes ut mellom behandlingsår én og to. Fangst i år to må skje i Drammensfjorden da det vil være lite eller ingen fisk tilbake i elvene. Fangst må startes i god tid før en behandling og oppbevaringen må vare til det er levelig for fisk igjen i hver elv. Om dette kan være en aktuell bevaringsstrategi avhenger av fangbarheten av aktuelle arter i Drammensfjorden. Undersøkelser med bruk av elektrisk fiskebåt i elvene vil gi indikasjoner på om korttidsoppbevaring kan regnes som en mulighet.

### *Levende genbank*

Med levende genbank som strategi samler man inn stamfisk fra elv, stryker fisken og klekker nye generasjoner i genbanken. Rogn fra generasjonen(e) i genbank settes tilbake i vassdraget. Levende genbank er i Norge kun gjennomført med laks, sjørørret og røye. Det er trolig hverken realistisk eller aktuelt å gjennomføre dette på andre arter enn laks og sjørørret.

*Kultivering (her: stryking av fisk og utsetting av avkommet)*

Kultivering innebærer også at man stryker fisk. Metoden innebærer at man klarer å fange inn, stryke, startføre og oppbevare fisk i minimum to år. Etter at et vassdrag er ferdig behandlet for å fjerne *G. salaris* settes det stedegne avkommet av innfanget fisk tilbake til vassdraget.

## 10.1 Bevaring av laks og sjørret

I 2016 og 2017 ble det innsamlet laks til levende genbank og frossen sædbank i Drammenselva og Lierelva. Et eldre materiale fra Lierelva og Drammenselva, samt et lite materiale fra Sandeelva (2013-2014), er også i frossen sædbank fra før. Det vil bli igangsatt innsamling laks i Sandeelva til levende genbank i 2018. Veterinærinstituttet utformer på oppdrag fra Miljødirektoratet en bevaringsplan for laks og sjørret i Drammensregionen. Dette er et dynamisk dokument som oppdateres fortløpende.

## 10.2 Bevaring av andre fiskearter

Det har vært lite fokus på bevaringsarbeid og kultivering av andre fiskearter enn laksefisk i Norge. Det finnes derfor lite erfaring med levende genbank og langtidsoppbevaring for disse fiskeartene. Noe kunnskap finnes på grunn av akvarieaktivitet, men det er usikkert om denne kan overføres til bevaringsarbeid i denne skalaen. Internasjonalt finnes en del kunnskap om kultivering og oppdrett av flere av de aktuelle artene.

Langtidsoppbevaring av mange stamfisk bevarer mer genetisk variasjon enn ved å legge inn noen få fisk i levende genbank eller ved å kultivere. På bakgrunn av dette anbefales på nåværende tidspunkt langtidsoppbevaring framfor kultivering.

Behov for bevaringsarbeid i Drammenselva vil i noen grad bli påvirket av om Hellefoss stenges eller ikke. Man vil kunne forvente en raskere rekolonisering av arter som også finnes ovenfor Hellefoss hvis bare områdene nedenfor behandles.

Forslagene til bevaringstiltak er kun foreløpige. Ny kunnskap og informasjon kan endre denne oversikten. Utbredelsen til ferskvannsfiskearter i Drammensregionen er gitt i **tabell 2**. Vurderingene som gis videre er basert på denne oversikten.

Basert på fiskeartenes forekomst i ulike deler av elvene og i Drammensfjorden, er bevaringsbehov kategorisert i fire grupper (**tabell 20**). Gruppene er nærmere forklart nedenfor.

1. Arter som utelukkende forekommer i Drammenselva nedstrøms Hellefoss og i brakkvannsområder i Drammensfjorden.
2. Arter hvis lokale bestander trolig vil bli utryddet av en kjemisk behandling. Det er lagt til grunn at rotenon dreper alle fiskeartene, mens aluminium og klor ikke er dødelig for fisk.
3. Arter som også forekommer på strekninger av vassdraget som ikke berøres av en behandling, dvs. Eikeren, Fiskumvannet, Tyrifjorden og oppstrøms lakseførende strekning i de to elvene.
4. Arter som finnes i nærliggende vassdrag og som tåler vandring gjennom brakkvann.

**Tabell 20.** Behov for bevaringstiltak for relevante arter i Drammensregionen sett i lys av utbredelse og potensiell rekolonisering. Basert på Hesthagen mfl. (2017).

Fiskeart	Bevaringstiltak bør vurderes nærmere (gruppe 1/2)	Rekolonisering fra oppstrøms områder (gruppe 3)	Rekolonisering fra Drammensfjorden (gruppe 4)	Ingen tiltak (gruppe 4)
Sik				X
Røye				X
Brasme		X	X	X
Flire	X		X	
Gullbust	X		X	
Laue	X		X	
Mort*		X		X
Stam	X		X	
Vederbuk	X	X	X	
Ørekyt		X	X	X
Karuss*				X
Trepigget sting-sild		X	X	X
Nipigget sting-sild		X	X	X
Abbor		X		X
Hork	X	X	(X)	
Gjedde		X		X
Elveniøye		X	X	X
Bekkeniøye		X		X
Havniøye	(X)		X	X
Ål	(X)		X	X

\*Mort og karuss kan være innført til vassdraget, dvs. regionalt fremmede. (X) er arter som ikke har en egne bestander i tilknytning til elvene, men som likevel trenger spesiell oppmerksomhet under bevaringsarbeidet.

De aller fleste artene tilhører gruppe 3, og trenger derfor ingen bevaringstiltak da de kan rekolonisere elvesystemet.

Bevaringstiltak bør vurderes nærmere for karpfiskene gullbust, stam (*Squalius cephalus*), flire (*Blicca bjoerkna*) og laue (*Alburnus alburnus*). Disse tilhører gruppe 1 eller 2, selv om reell status er usikker.

#### Gullbust

Gullbust har ikke blitt registrert i forbindelse med de fiskebiologiske undersøkelsene i seinere år. Dette tyder på at det kun er ungfisken som oppholder seg i elva. Gullbust var den vanligste karpfiskarten i indre Drammensfjorden på 2000-tallet (Haugen mfl. 2009). Ved akvariet i Bergen er det tilrettelagt for gyting hos gullbust uten å drive avl og stryking (Hesthagen mfl. 2017).

#### Stam

Stam er en utpreget elvefisk som foretrekker grunne områder (Arlinghaus & Wolter 2003). I Drammensvassdraget er det tidligere registrert stam opp til Hellefoss (Huitfeldt-Kaas 1918), men denne strekningen synes nå å ha en svært begrenset bestand. Dette kan tyde på at det kun er

ungfisken som oppholder seg i elva. De voksne individene oppholder seg trolig i hovedsak i brakkvannsområdene i indre Drammensfjorden (Hesthagen mfl. 2017). Voksne individer av stam har imidlertid blitt påvist ved elfiske i øvre deler av Vestfosselva (Morten Eken & Erik Garnås, upublisert), og trolig er Vestfosselva et mer egnet habitat for stam enn selve Drammenselva. Det er gjort få forsøk med kunstig produksjon av stam.

### *Flire*

To individer av flire ble påvist ved Gilhusodden i 1998 (Bjørge mfl. 1999), og noen individer ble påvist i 2009 (Haugen mfl. 2009). Flire er ikke påvist i indre deler av fjorden eller i elvene. Det betyr en svært begrenset forekomst og fåtallig bestand. Det er i tillegg reist tvil om artsbestemmelsen av flire er korrekt (Ingar Heum, personlig meddelelse). Dette må undersøkes nærmere før man legger ressurser på bevaring av flire (Hesthagen mfl. 2017).

### *Laue*

I dag synes bestanden av laue i Drammenselva å være svært liten. I 2015 ble ett individ fanget ved hjelp av elektrisk fiskebåt (Tormodsgard 2016). Dette kan imidlertid skyldes innsamlingstidspunktet og at laue oppholdt seg i indre Drammensfjord (Hesthagen mfl. 2017). Her er det nemlig en stor bestand av laue (Haugen mfl. 2009). Kunstig formering hos laue er ikke kjent.

I tillegg til de fire karpfiskene i gruppe 1 og 2 bør det vurderes om vederbuk, hork (*Gymnocephalus cernua*) (begge fra gruppe 3) og ål (gruppe 4) krever en ny vurdering etter oppfølgende undersøkelser.

### *Vederbuk*

Vederbuk vandrer mye. Den vandrer opp i elvene for å gyte på våren (Müller & Berg 1982). I nedre deler av Drammensvassdraget synes vederbuken å ha en «semi-anadrom» karakter fordi den vandrer ut Drammensfjorden og Sandebukta med brakkvann (Potter mfl. 2015). Det finnes i tillegg innsjølevende bestander i Eikeren og Fiskumvannet. Ved akvariet i Bergen er det tilrettelagt for gyting hos vederbuk uten å drive avl og stryking (Hesthagen mfl. 2017).

### *Hork*

Hork er registrert helt opp til Døviksfoss (Tormodsgard 2014). Hork er også svært vanlig i indre deler av Drammensfjorden (Bjørge mfl. 1999, Haugen mfl. 2009). Om bevaringstiltak er nødvendig avhenger av graden av overlapping mellom behandlingsområde og horkens leveområde. Det anbefales at denne arten er med i vurderingen inntil mer kunnskap foreligger. Hork er lite krevende å oppbevare, men trolig krevende å føre. Akvariet i Bergen har imidlertid en metode for dette (Hesthagen mfl. 2017).

### *Ål, skrubbe, havniøye, trepigget stingsild og nipigget stingsild*

Ål, skrubbe (*Platichthys flesus*), havniøye, trepigget stingsild (*Gasterosteus aculeatus*) og nipigget stingsild (*Pungitius pungitius*) antas å ha mesteparten av sine utbredelsesområder utenfor elvestrekningene som behandles. Ål og havniøye har ikke egne bestander i elvene, men på grunn av status på rødlista bør det vurderes om disse skal flyttes opp eller ut av vassdragene under en eventuell rotenonbehandling.

## **Kostnadsestimat**

I kostnadsestimatet (**tabell 21**) er det forutsatt at man leier klekkeriet på Hellefoss i to år. Driftsutgifter og lønn til røktning er medregnet. I klekkeriet er det 36 kar, som er tilstrekkelig til å oppbevare den innsamlede fisken. Bevaringsstrategien som ligger til grunn i kostnadsestimatet, er

videre en innsamling av stam, laue, gullbust og flire ved hjelp av elfiskebåt forut før første behandling. Utsetting av fisk skjer når elvene er fri for rotenon etter andregangs behandling. Klekkeriet har grunnvann og vintertemperaturer på 4-5 °C, noe som er gunstig med tanke på å holde fisken gjennom vinteren.

**Tabell 21.** Estimerte kostnader ved innsamling og bevaring av utvalgte fiskearter i Drammensregionen. Alle tall i NOK 1000.

Elfiskebåt	500
Leie Hellefoss anlegg	2 250
Lønn Hellefoss anlegg	2 250
Reise, kost, natt- og feltillegg	70
Utstyr og annen drift	50
Diverse + uforutsett	200
<b>Sum eks. mva.</b>	<b>5 320</b>
<b>Sum inkl. mva.</b>	<b>6 650</b>



## 11 Tiltak for å begrense forekomst og utbredelse til *G. salaris*

### 11.1 Kultiveringsvirksomhet

I en elv med *G. salaris* er det ønskelig å begrense parasittens forekomst. Laks i norske vassdrag er svært mottakelig for *G. salaris* og nesten alle laksunger blir smittet i løpet av kort tid etter introduksjon av parasitten til et nytt vassdrag. Antallet laksunger i en infisert elv bør være så lavt som mulig for å redusere smitterisikoen til andre elver. Generelt har det derfor ikke vært tillatt med utsetting av laks i norske elver med *G. salaris*. Unntakene har vært Drammenselva og Lierelva.

Fra og med 2017 har Mattilsynet stanset utsetting av laksunger ovenfor og på lakseførende elvestrekninger i Drammensregionen (se avsnitt 6.1). I løpet av få år vil antall smittede laksunger i Drammenselva og Lierelva bli betydelig redusert, og i løpet av noen år kan det forventes at bestandene av laks vil bli redusert i begge elver. Forekomst av smittede laksunger i Sandeelva vil ikke bli endret fordi det ikke har vært utsetting av laksunger i denne elva etter at *G. salaris* ble påvist.

Generelt vil en reduksjon i antall smittede laksunger bidra til å øke sannsynligheten for å lykkes med en utryddelse av *G. salaris*.

### 11.2 Sperrer for å hindre oppvandring av laks

I en elv med *G. salaris* er det ønskelig å begrense parasittens utbredelse så mye som mulig. Dette er av betydning både for sannsynligheten til å lykkes med et utryddelsestiltak og for å redusere smitterisiko til andre elver. Derfor har laksetrappene blitt stengt i norske lakselver etter påvisning av *G. salaris*. I de fleste elver vil dette stanse all oppgang av laks forbi vandringshinderet (vanligvis en foss). Når laksungene ovenfor laksetrappa har vandret ned eller dødd, forsvinner også *G. salaris* derfra, og utbredelsesområdet til parasitten er dermed redusert til områdene nedstrøms laksetrappa.

Arbeidsgruppen mener at det er en fordel for bekjempelse av parasitten i regionen at laksen stoppes i Hellefoss og at den lakseførende strekningen begrenses til området nedenfor fossen. Dette medfører at laksetrappa i Hellefoss bør stenges. Så vidt vi skjønner, er det mulig for oppvandrende laks å passere Hellefoss ved vannføringer over 500 m<sup>3</sup>/s (Arne Henning Kristensen, personlig meddelelse). Vi mener derfor at det bør vurderes hvilke tiltak som må gjøres for å sikre at laks ikke kan passere, uansett vannføring. Forutsatt at laks ikke kan passere Hellefoss, vil alle laksunger forsvinne fra områdene ovenfor Hellefoss i løpet av 4-5 år og derav også *G. salaris*, forutsatt at den ikke kan overleve på andre fiskearter. Arbeidsgruppen er ikke kjent med at det finnes fiskearter som er kjent som gode verter for *G. salaris* på strekningen Embretsfoss-Hellefoss.

Selv om Hellefoss ikke er et 100 % sikkert oppvandringshinder for voksen laks, kan en stenging av laksetrappa likevel bidra til økt sannsynlighet for å lykkes med et kjemisk utryddelsestiltak. Produksjonen av laksunger på strekningen Embretsfoss-Hellefoss vil med stor sannsynlighet bli lavere enn om trappa er åpen. En redusert produksjon av laksunger vil også redusere antall

utvandrende laksesmolt som igjen vil bidra til en lavere sannsynlighet for spredning av *G. salaris* fra Drammensregionen til andre lakselver i Oslofjordområdet.

Når det er sagt, er ikke strekningen Embretsfoss-Hellefoss særlig komplisert å behandle kjemisk og ikke et stort hinder for å lykkes med utryddelse av *G. salaris*.

Dersom laksetrappa i Hellefoss stenges, må det lages en ordning slik at oppvandrende sjøørret og eventuelt annen oppvandrende fisk blir saltbehandlet og gentestet før de slippes opp forbi Hellefoss slik det gjøres i Driva.

I Driva ble det i 2017 ferdigstilt en fiskesperre som reduserer lakseførende strekning fra ca. 100 km til 26 km. Smoltalderen i Driva er høyere enn i Drammenselva, og Driva-sperra må derfor hindre oppgang av laks i 6-7 år før det kan bli aktuelt med en kjemisk utryddelse av *G. salaris* nedstrøms sperra. I Driva fanges oppvandrende sjøørret i et kammer øverst i en fisketrapp ved sperra. Et utvalg av sjøørret blir saltbehandlet for å fjerne eventuelle *G. salaris* og sluppet opp forbi sperra. Fisken blir gentestet for å unngå at mulige verter, dvs. laks og laks-x-ørrethybrider, blir sluppet på oppsiden av sperra.

I Lierelva har arbeidsgruppen diskutert muligheten for å etablere en fiskesperre i forbindelse med betongkonstruksjonen ved Grøtte (**figur 5**). En sperre her vil redusere strekningen for behandling med om lag halvparten. Lokalkjente i Lier peker på at Lierelvas nedbørfelt og vegetasjon langs elvebredden gjør at en slik sperre lett vil samle kvist og vil ikke fungere som fiskesperre uten intensiv røkting. Grunnforholdene for å etablere en eventuell sperre, beste sted for plassering, og arbeidsmengde for å røkte en fiskesperre i Lierelva, er ikke vurdert av arbeidsgruppen.

I Sandeelva mener arbeidsgruppen at det ikke er mye å hente på å etablere fiskesperre i vassdraget, siden det mest aktuelle stedet (Fosstvedt) ligger langt oppe på lakseførende strekning.

### 11.3 Reduksjon av laksebestanden på lakseførende strekning

Antall voksen laks som returnerer til Drammenselva er høyt. Det store antallet er først og fremst et resultat av en betydelig kultiveringsvirksomhet gjennom mange år (se **kapittel 6**). I 2017 og 2018 har utsettingene blitt redusert og dersom det blir stans i all kultiveringsvirksomhet fra og med 2019, vil det sannsynligvis bli en betydelig reduksjon i antall voksen laks i Drammenselva fra og med 2022. Deretter vil reduksjonen i antall voksen laks skje mer gradvis fordi det fortsatt vil foregå naturlig gyting på lakseførende strekning. Dette vil etter hvert redusere antallet naturlig produserte laksunger, noe arbeidsgruppen mener er en fordel i en vurdering av sannsynligheten for å lykkes med et utryddelsestiltak.

For å fremskynde en prosess med mindre gyting og derav færre laksunger på strekningene som skal behandles kjemisk for å utrydde *G. salaris*, kan en metode være å fiske opp så mange voksen laks som mulig i perioden fram til gjennomføringen av et utryddelsestiltak. Dette vil potensielt også kunne sikre genbanken et godt materiale for framtidig produksjon. Økt fiske vil øke aktiviteten i elva og det er viktig at dette skjer under kontrollerte former med strenge desinfiseringsregler.

### 11.4 Andre smittebegrensende tiltak

Kjemisk behandling av et vassdrag for å begrense smitten av *G. salaris* er også et tiltak som bør vurderes. Slike tiltak er brukt ved flere anledninger i Norge, først og fremst for å hindre smitte til

andre vassdrag i regionen. Et slikt tiltak i Drammensregionen vil også medvirke til å redusere smitterisikoen til andre vassdrag nær regionen.

I Lærdalselva ble det gjort forsøk med aluminiumsulfat i flere år mens det ble gjort erfaringer med metoden. Etter behandlingen i 2005-2006 (Pettersen mfl. 2007) ble det ikke registrert *G. salaris* ovenfor fossene ved Sælthun. Smittebegrensende behandlinger i 2008 og 2009 bidro til å holde *G. salaris*-infeksjonen nede i Lærdalselva (Hagen mfl. 2010, Hindar mfl. 2014) og det er sannsynlig at disse smittebegrensende behandlingene også bidro til at man lyktes med utryddelsesaksjonen i 2011 og 2012.

Gruppen vurderer det slik at reduksjon i antall verter, og spesielt i området der parasitten kan finnes, har en større sannsynlighet for å bidra til en sikker utryddelse enn et tiltak som kun begrenser smitten pr fisk.

## 12 utfordringer og kunnskapshull

### 12.1 Infiserte laksunger i Drammensfjorden

Drammensfjorden har et ferskvannslag helt ut til Svelvik. I dette ferskvannslaget ble det i slutten av september 2017 funnet laksunger med *G. salaris* inntil 12 km fra munningene av Drammenselva og Lierelva, mens det ikke ble funnet laksunger ute i de frie vannmassene (Mo mfl. 2018). Undersøkelsen ble gjort i september fordi dette er et tidspunkt på året som er egnet til kjemisk behandling i vassdragene. Sammenlignet med laksunger fanget ved Hokksund i Drammenselva, var laksungene i Drammensfjorden enten usmittet eller de var smittet med få *G. salaris*. I tillegg hadde de hatt vesentlig bedre vekst. Det ble blant annet funnet 0-åringer av laks opptil 10 cm (Mo mfl. 2018). Det er sannsynlig at disse laksungene kan vandre mellom fjorden og elvene, og også at de kan bruke andre deler av fjorden enn det som ble oppdaget ved et forsøksfiske i september 2017. Det betyr at ulike områder av fjorden må behandles samtidig med behandlingen av elvene. Hvilke områder dette gjelder må undersøkes mer inngående.

Observasjoner av laksunger i estuarier og brakkvann er også gjort i vassdrag på Newfoundland (Cunjak mfl. 1989). I Vossevassdraget (med innsjøer) og Tanavassdraget (med store stilleflytende områder) er laksunger påvist strandnært og i tilløpselver og -bekker langt fra nærmeste gyteplass. Laksungene i stille vann ser ikke ut til å bruke de åpne vannmassene annet enn i smoltutvandringsperioden om våren. De kan likevel utnytte elver og bekker langt fra nærmeste gyteplass, og særlig om sommeren når disse gir god tilgang på føde. I estuarier på Newfoundland så det ut til at store laksunger kunne gå videre til havs, mens små laksunger sannsynligvis overvintret i ferskvann (Cunjak mfl. 1989). Om dette viser seg å være tilfelle i Drammensfjorden, er det mulig at gjentatte behandlinger av strandnære områder og eventuelle tilløpsbekker med laksunger vil kunne forhindre reinfeksjon i Drammenselva og Lierelva.

Det finnes noe erfaring med forekomst av *G. salaris* langs land i fjorder med ferskvannslag, som utenfor Steinkjervassdraget, Røssåga, Vefsna og Beiarelva. Der ble laksungene lett etter og typiske leveområder for laksungene behandlet med rotenon. I Drammensfjorden forekommer infiserte laksunger lengre fra smittede elver enn i noen tidligere behandling, og på grunn av Drammensfjordens unike ferskvannslag kan det ikke utelukkes at laksungene også benytter fjorden på en annen og mer omfattende måte enn i andre vassdrag det er gjort erfaringer med.

Hovedstrategien mot forekomster av infiserte laksunger i Drammensfjorden er å hindre at disse kan bidra til å reinfisere elvene. Dette kan best gjøres ved gjentatte kjemiske behandlinger, for eksempel tre eller fire ganger istedenfor to ganger. Hvis man behandler vassdragene flere ganger, så øker sjansen for at det ikke lenger vil være infiserte laksunger i Drammensfjorden som kan føre smitte tilbake til elvene. Denne smitten kan skje ved at de vandrer opp i elvene igjen og infiserer laks som står i elva, eller de kan smitte laks som er på vei opp i elva. Sjansen for at dette kan skje blir mindre jo mindre laks det er i smitteregionen og blir betydelig mindre hvis man etter flere behandlinger og andre tiltak har redusert forekomsten av laksunger i vassdragene.

Modellering viser at kjemikalier tilsatt i elvene blir fortennet forskjellig når de når Drammensfjorden (Staalstrøm & Kempa, under utarbeidelse). Rotenonkonsentrasjonen i Drammensfjorden vil bli gradvis redusert, hovedsakelig som et resultat av fortenning. Surt aluminium og kloramin vil i tillegg til fortenning brytes ned raskere enn rotenon som følge av ulike kjemiske prosesser. En rotenonbehandling vil dermed i større grad kunne nå infisert laks i Drammensfjorden enn andre

metoder. Dette vil imidlertid også føre til omfattende dødelighet av fisk i områdene der rotenon brukes.

Arbeidsgruppen mener at forekomsten av og atferden til laksunger i Drammensfjorden er et tema som må undersøkes nærmere før det avgjøres hva slags strategi som skal ligge til grunn for en kjemisk behandling av vassdraget.

Sandebukta har ikke samme type ferskvannslag som Drammensfjorden og anses ikke som spesielt utfordrende for en behandling.

## 12.2 Fiskearter med lite kjent biologi

Flere av ferskvannsfiskeartene i Drammensregionen har dårlig kjent biologi. Kunnskap om utbredelsen er mangelfull og kunnskap om biomasse for de fleste ferskvannsfiskene mangler helt. Noen av fiskeartene vandrer mellom ferskvann og Drammensfjorden eller Sandebukta, men omfanget av disse vandringer er ukjent. For eksempel er det for sik og vederbuk påvist store antall i Drammensfjorden, men biomassen er ukjent. Voksne sik og vederbuk vandrer opp i elvene for å gyte, men det er ukjent om umodne individer oppholder seg i brakkvannsområdene hele året eller om de vandrer opp i elvene i vinterhalvåret. Mangelfull kunnskap om de ulike ferskvannsfiskene er utfordrende med hensyn til å ta vare på artene ved bruk av behandlingsstrategier som baseres på å ta livet av fisk (se Hesthagen mfl. 2017).

## 12.3 Gamle og lite kjente rørsystemer

Ledningsnett byr på særlige utfordringer der vassdraget renner gjennom urbane strøk. I elva munner det ofte ut rør som drenerer overflatevann, nedlagte kloakkrør o.a. Disse kan være potensielle oppholdssteder/gjemmesteder for smittede laksunger, såkalte refugier. Det finnes gjerne kart over ledningsnett (teknisk etat i kommunene), men erfaringen er at det nesten alltid finnes gamle rør som ikke er anmerket på kartene. Det gjøres gjerne også stadig nye arbeider på ledningsnett, slik at det kommer til nye potensielle refugier. Det er ofte vanskelig å klarlegge hvordan vannet beveger seg i systemene. Drammen by er delvis bygget på pæler/fyllinger og har dårlig kartlagte forekomster av gamle rørsystemer under byen. Det samme er tilfellet i bebyggelsen oppover til Mjøndalen og Hokksund. De av rørsystemene som kan virke som refugier for laksunger med *G. salaris*, må lokaliseres og behandles samtidig med elvene.

I andre byer (for eksempel Steinkjer og Mo i Rana) er slike problemer håndtert ved å sammenstille eksisterende planverk med ny kartlegging av alt ledningsnett i tilknytning til aktuelle vassdrag. I dette arbeidet benyttes ulike metoder med den hensikt å kunne behandle alle rør som munner ut i elvene. Dette omfatter både rør som fører vann og som er tørre på behandlingstidspunktet. Det er allerede opprettet kontakt med Drammen kommune vedrørende denne problemstillingen. Rørsystemer som tilhører landbruket må også undersøkes nærmere.

## 12.4 Flommer i behandlingsperioden

Vannføringsøkninger og vedvarende flommer kan være utfordrende for aluminiums- og klorbehandling som varer over lang tid. Rotenonmetoden er mer kortvarig (to døgn) enn aluminiums- og klormetoden (14 døgn for aluminium og antageligvis inntil 10-14 døgn for klor).

Logistikkutfordringen for dosering av kjemikalier ved vedvarende høy vannføring er størst for aluminiumsmetoden fordi denne krever tilsetning av svovelsyre for å oppnå ønsket surhetsgrad i elva. Særlig i Drammenselva er det høy pH og bufferevne, og når vannføringen i tillegg er stor vil det kreves betydelige volumer av svovelsyre. I mindre vassdrag vil flomvannføring oftest ledsages av redusert bufferevne fra regnavrenningen, med redusert syrebehov pr. volum elvevann som resultat. Derfor kan ofte flomvannføring håndteres rimelig godt med aluminiumsmetoden i mange vassdrag. I Drammenselva vil denne positive effekten være mindre, siden vannet i hovedsak kommer fra Tyrifjorden som har en mer stabil vannkvalitet.

Elvene i regionen har ulike vannføringsregimer og ulik risiko for raske vannføringsendringer. Drammenselva har et meget stort nedbørfelt med stor naturlig reguleringskapasitet mot raske vannføringsendringer i innsjøer, og også forholdsvis stor kunstig reguleringskapasitet gjennom vassdragsregulering. Lierelva og Sandeelva har mindre naturlig og kunstig reguleringskapasitet i nedbørfeltet.

Utfordringene med vannføringsøkning er tradisjonelt søkt løst gjennom samarbeid med vassdragsregulanter i nedslagsfeltet der dette er mulig. Arbeidsgruppen mener dette også bør la seg gjøre i Drammensvassdraget.

## 12.5 Stilleflytende områder

Deler av elvene – særlig nedre deler av Lierelva og Sandeelva og enkelte av sideelvene/sideløpene til Drammenselva – er stilleflytende. Dette er for Sandeelva og Lierelva ofte et resultat av tidevannspåvirkning, gjerne i kombinasjon med lav vannføring. I stillestående vann kan nedbrytningen av surt aluminium og kloramin gjøre at det vil kreves uforholdsmessig store ressurser for å sikre riktig dose av virkestoff. Andre tiltak kan derfor vurderes i slike områder. Større vannføring vil erfaringsmessig også avhjelpe slike utfordringer.

Der elvene er stilleflytende gjennom leirholdige avsetninger kan det være høy bufferkapasitet mot forsurening, noe som kan føre til økt kjemikalieforbruk og økt antall påfriskningsstasjoner for aluminiumsmetoden.

## 12.6 Andre fiskearter som bærere av *G. salaris*

Det er stilt spørsmål ved om sik kan være bærer av *G. salaris* og eventuelt i hvor lang tid. I 2017 ble 38 sik fanget i Drammensfjorden og 12 sik fanget i Drammenselva undersøkt med hensyn på *G. salaris*. Parasitten ble ikke funnet på sik i Drammensfjorden, mens to sik fanget én km nedenfor Hellfoss var smittet med én *G. salaris* hver. På den samme elvestrekningen ble det samtidig påvist høye antall *G. salaris* på laksunger og påvisningen på sik er derfor ikke overraskende. I lignende undersøkelser av laksunger fra norske elver, er det ikke uvanlig å påvise arter av *Gyrodactylus* som er tilpasset å leve på andre fiskearter enn laks. Det vurderes som lite trolig at *G. salaris* lever mer enn noen få døgn på sik (Mo, 2017) slik det er vist for andre lite mottakelige verter (Bakke & Sharp 1990, Bakke mfl. 1992, Soleng & Bakke 1998).

Høsten 2017 ble det fanget pukkellaks (*Oncorhynchus gorbuscha*) i Drammenselva (Fiske mfl. 2017) og trolig var det pukkellaksgyting i Drammenselva, kanskje også Lierelva, dette året. I så fall vil pukkellakssmolt vandre ut fra elvene våren 2018. Mottakelighet hos pukkellaks for *G. salaris* er ukjent, men en annen *Oncorhynchus*-art, regnbueørret, er mottakelig (Bakke mfl. 1991, Mo 1991). Hvis dette også gjelder for pukkellaks, kan utvandrende pukkellakssmolt bidra til å

øke risiko for spredning av *G. salaris*. I og med at pukkellaksunger har kort oppholdstid i elv sammenlignet med laksunger, vil forekomsten av pukkellaks neppe påvirke sannsynligheten for å lykkes med tiltak for å utrydde *G. salaris* i Drammensregionen.

## 13 Strategier og tiltak for Drammensregionen

### 13.1 Kan *G. salaris* utryddes fra Drammensregionen?

Arbeidsgruppen mener at *G. salaris* kan utryddes fra Drammensregionen ved hjelp av kjemisk behandling og at det er sannsynlig at et slikt tiltak vil lykkes på sikt etter tilstrekkelig kunnskapsinnhenting. Utryddelsen vil bli arbeids- og kostnadskrevenende. Kostnader og tiden det vil ta fra oppstart til utryddelse vil være avhengig av valg av strategi og valg av tiltak og kjemiske metoder i den valgte strategien.

Den største utfordringen som må kunne håndteres for å gjennomføre en sikker utryddelse av *G. salaris* fra regionen, er at Drammensfjorden har et unikt ferskvannslag der laksunger med *G. salaris* oppholder seg til dels langt fra munningene av Drammenselva og Lierelva. Det er sannsynlig at disse laksungene kan vandre mellom fjorden og elvene, og at områder i fjorden må behandles samtidig med behandlingen av elvene. Forekomsten av laksunger i Drammensfjorden er pr. i dag sannsynligvis større i antall og utbredelse enn det en har erfaring med fra tidligere behandlinger, og laksungenes atferd i fjorden er lite kjent.

En annen stor utfordring er at Drammensregionen har en rekke fiskearter i ferskvann og fiskearter som vandrer mellom elv og fjord. Flere av disse har en dårlig kjent biologi og utbredelse i regionen. Dette er utfordrende med hensyn til å ta vare på artene under rotenonbehandling, som er basert på å ta livet av fisk.

For å øke sannsynligheten for å lykkes med en kjemisk behandling er det viktig å innhente mer kunnskap før beslutning om metoder og tidspunkt for behandling fattes. Denne kunnskapsinnhenting kan pågå parallelt med den omfattende detaljplanleggingen som må gå forut for enhver type kjemisk behandling.

Arbeidsgruppen vurderer det slik at basert på dagens kunnskap, er det sannsynlig at *G. salaris* kan utryddes fra Drammensregionen ved bruk av rotenonmetoden, aluminiumsmetoden og – med forbehold om vellykkede tester i større skala – klormetoden.

Denne konklusjonen hviler på et ulikt erfaringsgrunnlag for de tre metodene:

- Rotenonmetoden er den metoden som har vært mest brukt i utryddingstiltak overfor *G. salaris*. Den er brukt i norske vassdrag siden 1981 og har vært forbedret etter hvert som det er opparbeidet erfaringer etter mislykkede og vellykkede behandlinger (**vedlegg 1**). Rotenonmetoden er også den metoden som har vært brukt i det største utvalget av vassdragstyper og kan vise til en ubrutt rekke vellykkede behandlinger siden 2003. Den største ulempen ved bruk av rotenon er en meget omfattende fiskedød, og behov for bevaringstiltak for flere fiskearter med dårlig kjent biologi og utbredelse i regionen.
- Aluminiumsmetoden har vært brukt i bekjempelse av *G. salaris* siden 2003 og ble brukt med suksess til å utrydde *G. salaris* fra Lærdalselva (**tabell 1**). Det er gjennom ulike behandlinger også for denne metoden opparbeidet et erfaringsgrunnlag (**vedlegg 2**) som kan brukes i behandling av vassdrag i Drammensregionen. Ved bruk av aluminiumsmetoden blir rotenon brukt i vannforekomster der det er lite hensiktsmessig å bruke aluminium. Metoden stiller store krav til logistikken rundt kjemikalietilsettingen, men medfører ikke fiskedød av et slikt omfang at det krever bevaringstiltak for fisk.



- Klormetoden er under utvikling og har ikke vært brukt i stor skala. Metoden har vist lovende resultater i forsøk på lab, i kar med elvevann fra Drammenselva og øverst i sideelven Glitra i Liervassdraget. Så lenge metoden ikke er testet ut i elv i stor skala, er det vanskelig å vurdere hvor sannsynlig det er at denne metoden kan brukes til å utrydde *G. salaris* fra et stort vassdrag. Så vidt vi kjenner til i dag, vil ikke klormetoden medføre fiskedød av et slikt omfang at det krever bevaringstiltak for fisk.

## 13.2 Sannsynlighet for å lykkes

Ulik erfaringsbakgrunn for de tre vurderte metodene tilsier at rotenonmetoden har størst sannsynlighet for å lykkes med dagens kunnskap og metodikk. Rotenonmetoden tar livet av både vert og parasitt. Metoden gir mulighet til å dosere målrettet i forbygninger, grunnvannstilsig og stilleflytende områder. Behandling med rotenon over forholdsvis få dager i løpet av en uke i hvert av to påfølgende år, etter en planleggingsperiode på om lag to år, har vist seg å være godt nok til å utrydde *G. salaris* fra flere store vassdrag og regioner.

Aluminiumsmetoden har også god sannsynlighet for å lykkes, gitt dagens kunnskap og metodikk. Den er basert på at det kan gjennomføres to 14-dagers behandlinger hvert av to påfølgende år, og at den kombineres med rotenon i utvalgte lokaliteter ved oppstart- og stopptidspunkt for hver behandling. Den forutgående planleggingsperioden er den samme som for rotenon. Ved bruk av aluminiumsmetoden er det nødvendig å tilsette mye større volumer med kjemikalier og over lengre tid enn rotenon og metoden er derfor logistisk mer krevende. Metoden krever lokale tilpasninger for å sikre at det terapeutiske vinduet som dreper alle parasitter uten skade på fiskebestandene nås.

Dersom klormetoden viser lovende resultater i videre uttesting i stor skala, er det sannsynlig at den kan bli minst like effektiv som aluminiumsmetoden. Dagens kunnskap antyder at behandlingsperioder og kombinasjon med rotenon på utvalgte lokaliteter, blir omtrent som for aluminiumsmetoden. Sammenlignet med aluminiumsmetoden vil klormetoden logistisk sett bli enklere fordi volumet av kjemikalier som må tilsettes er vesentlig mindre.

I Drammensregionen vil det, uavhengig av valg av kjemisk metode, være behov for å utvikle og gjennomføre tiltak som hindrer reinfeksjon fra infiserte laksunger som oppholder seg i Drammensfjorden under en behandling. Dette er årsaken til at arbeidsgruppen anbefaler ytterligere kunnskapsinnhenting om laksungenes utbredelse, vandringsatferd og smittestatus for å oppnå en sikker utryddelse av parasitten.

## 13.3 Strategier og tiltak

Basert på vår gjennomgang mener Arbeidsgruppen at følgende strategier og tiltak er de som det er mest interessant for forvaltningen å vurdere:

1. Gjentatte behandlinger. Forekomsten av infiserte laksunger i Drammensfjorden gjør det aktuelt å anbefale flere behandlinger enn det som brukes i dag. Årsaken til dette er at det med dagens kunnskap er usikkert om to behandlinger er tilstrekkelig til å nå alle infiserte laksunger i fjorden.

**Fordeler**

- Gjentatte behandlinger reduserer sannsynligheten for reinfeksjon av laksunger i Drammenselva og Lierelva fra infiserte laksunger i Drammensfjorden.
- Gjentatte behandlinger må uansett benyttes dersom klor velges som metode, siden metoden ikke er utprøvd i full skala i noe vassdrag.

**Ulemper**

- Gjentatte behandlinger øker kostnadene og kan øke tidsrommet for behandling av regionen.

2. Utprøving av ny metodikk som kan redusere forekomsten av parasitten. Klormetoden er ennå ikke utviklet slik at den kan sies å være en etablert metode for å utrydde *G. salaris*. Det er søkt om midler til å prøve metoden i stor skala i Drammensregionen. Dette vil, selv om metoden ikke skulle gi 100 % dødelighet av parasitten, redusere forekomsten av parasitter og derved øke sannsynligheten for å lykkes ved endelig behandling.

**Fordeler**

- Dersom utprøving av klormetoden starter tidlig nok, og gjentas ofte nok, er det mulig å redusere parasittens forekomst og derved risiko for spredning ut av regionen tidlig. Klormetoden krever så langt vi vet, ikke spesielle bevaringstiltak for fiskearter i regionen, og heller ikke spesielle tiltak for andre arter.

**Ulemper**

- Klormetoden må prøves ut over en periode på flere år.

3. Tiltak som reduserer behandlingsområdet. Utbredelsesområdet til *G. salaris* kan reduseres ved tiltak som hindrer laksens oppgang. I Drammensvassdraget kan dette skje ved å hindre oppvandring i Hellefoss, og i Lierelva kan det skje ved å lage en fiskesperre ved Grøtte. Etter en periode på om lag én laksegenerasjon (dvs. lengre enn til at siste vert ovenfor vandringshindrene har vandret ut eller har dødd), kan valgt strategi og metodikk brukes på det reduserte utbredelsesområdet.

**Fordeler**

- Mindre kjemikaliebruk og derved mindre kostnader dersom oppvandring i Hellefoss forhindres. En fiskesperre i Lierelva vil også redusere kostnadene, men kostnadene av å etablere fiskesperre vil være større enn for en kjemisk behandling av hele den lakseførende strekningen.
- Sannsynligheten for å behandle alle infiserte verter øker.

**Ulemper**

- Det vil ta flere år før en er sikker på at alle verter og parasitter er fjernet fra områdene ovenfor Hellefoss og Grøtte, og derfor lengre tid før kjemisk behandling mot parasitten kan gjennomføres.

4. Tiltak som reduserer antall laksunger. En stopp i utsetting av laksunger vil resultere i at antall kultiverte laksunger i Drammenselva og Lierelva gradvis vil bli redusert. Over tid kan det også forventes at antall naturlig produserte laksunger blir redusert fordi antall gytelaks går ned som følge av redusert smoltutvandring. En utfisking av voksen laks kan bidra til at reduksjonen i antall naturlig produserte laksunger går raskere. I tillegg kan disse tiltakene redusere forekomsten av laksunger i Drammensfjorden.

**Fordeler**

- Færre infiserte verter ved en behandling øker sannsynligheten for å lykkes med en utryddelse av *G. salaris*.

*Ulemper*

- Antall laks som fanges i Drammensregionen vil bli redusert, særlig i Drammenselva.

Arbeidsgruppen erkjenner at andre strategier også kan være aktuelle å vurdere for forvaltningen når det tas hensyn utover de som vi har tatt på bakgrunn i mandatet for gruppens arbeid.

## 14 Referanser

- Adolfson, P., Bardal, H., Wist, A. N., Aune, S., Sandodden, R. & Moen, A. 2017. Bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i Skibotnregionen 2015 og 2016. Veterinærinstituttets rapportserie: 22a-2017. 58 s.
- Anon. 1999. Til laks å alle kan ingen gjera? Om årsaker til nedgangen i de norske villaksbestandene og forslag til strategier og tiltak for å bedre situasjonen. NOU Norges offentlige utredninger 1999: 9. 297 s.
- Anon. 2013. Status for norske laksebestander i 2013 og råd om beskatning. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 5, 136 s.
- Anon. 2014. Handlingsplan mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* for perioden 2014–2016. Miljødirektoratet og Mattilsynet. Rapport M-288. 114 s.
- Arlinghaus, R. & Wolter, C. 2003. Amplitude of ecological potential: chub *Leuciscus cephalus* (L.) spawning in an artificial lowland canal. *Journal of Applied Ichthyology* 19: 52-54.
- Arnekleiv, J. V., Dolmen, D., Aagaard, K., Bongard, T. & Hanssen O. 1997. Effects of rotenone treatment on the bottom-fauna of the Rauma and Henselva watercourses, Møra og Romsdal County. Part 1: Qualitative investigations. *Vitenskapsmus. Rapp. Zool. Ser.* 1997-8.
- Arnekleiv, J.V., Dolmen, D. & Rønning, L. 2001. Effects of rotenone treatment on mayfly drift and standing stocks in two Norwegian rivers. In: Dominguez E (ed), *Trends in Research in Ephemeroptera and Plecoptera*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, s. 77–88.
- Arnekleiv, J.V., Kjærstad, G., Dolmen, D. & Koksvik, J.I. 2015. Studies of invertebrates and amphibians in connection with the rotenone treatment of the lake Vikerauntjønna. NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 7, s. 1–47.
- Bakke, T.A., Harris, P.D. & Jansen, P.A. 1992. The susceptibility of *Salvelinus fontinalis* (Mitchill) to *Gyrodactylus salaris* Malmberg (Platyhelminthes; Monogenea) under experimental conditions. *Journal of Fish Biology* 41: 499-507.
- Bakke, T.A., Jansen, P.A. & Brabrand, Å. 1990. Susceptibility and resistance of brook lamprey, *Lampetra planeri* (Bloch), roach, *Rutilus rutilus* (L.) and perch, *Perca fluviatilis* L. to *Gyrodactylus salaris* Malmberg (Monogenea). *Fauna Norvegica. Serie A* 11: 23-26.
- Bakke, T.A., Jansen, P.A. & Kennedy, C. 1991. The host specificity of *Gyrodactylus salaris* Malmberg (Platyhelminthes, Monogenea): susceptibility of *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) under experimental conditions. *Journal of Fish Biology* 39: 45-57.
- Bakke, T.A. & Sharp, L.A. 1990. Susceptibility and resistance of minnows, *Phoxinus phoxinus* (L.) to *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Monogenea) under laboratory conditions. *Fauna Norvegica. Serie A* 11: 51-55.
- Bergsjø, T. & Vassvik, V. 1977. *Gyrodactylus* – en sjelden, men plagsom fiskeparasitt. *Norsk Fiskeoppdrett* 4: 11-13.
- Bjørge, A., Christie, H., Erikstad, L., Framstad, E., Hansen, L.P., Muniz, I.P., Norderhaug, K.M., Sloreid, S.E., Stabbetorp, O. & Svalastog, D 1999. Naturfaglig konsekvensutredning for Lier industriterminal. NINA Oppdragsmelding 568, 36 s.

- Bongard, T. 2005. Effekter på bunndyr av aluminiumstilsetning mot *G. salaris* i Batnfjordselva, 2003 og 2004. NINA Rapport 9. 20 s.
- Bremset, G. 2000. Seasonal and diel changes in behaviour, microhabitat use and preferences by young pool-dwelling Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*. *Environmental Biology of Fishes* 59: 163–179.
- Brun, E & Høgåsen, H. 2003 *Gyrodactylus salaris* i Drammensvassdraget – Risiko for spredning til nye elver via migrasjon av laks. Rapport, Veterinærinstituttet. 14 s + 5 vedlegg.
- Cronan C.S. & Schofield C.L. 1979. Aluminum leaching response to acid precipitation: Effects of high-elevation watersheds in the Northeast. *Science* 204: 304-306.
- Cunjak, R.A., E.M.P. Chadwick & M. Shears. 1989. Downstream movements and estuarine residence by Atlantic salmon parr (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 46: 1466-1471.
- Ege, S.K. & Åsveen, G. 2014. Kartlegging av bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) i Telemark - En vannkjemisk og fiskebiologisk undersøkelse. Master oppgave, Høgskolen i Telemark, 2014.
- Eken, M. 1988. Bekkerøya i Overnbekken – Bestandsdynamikk og habitatbruk hos en selvreproduserende bestand i Modum. – Hovedfagsoppgave, Institutt for naturforvaltning, Norges Landbrukshøgskole. 55 s.
- Engstrom-Heg, R., Colesante, R.T. & Silco, E. 1978. Rotenone tolerances of stream-bottom insects. *New York Fish and Game Journal* 25: 31-41.
- Eposti, M.D. 1998. Inhibitors of NADH-ubiquinone reductase: an overview. *Biochimica et Biophysica Acta* 1364: 222-235.
- Eriksen, T.E. 2008. Korttidseffekter på bunndyr i elv av kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris*. Master thesis. Norwegian University of Science and Technology: 74.
- Eriksen, T.E., Arnekleiv, J.V. & Kjærstad, G. 2009. Short-term effects on riverine *Ephemeroptera*, *Plecoptera* and *Trichoptera* of rotenone and aluminum sulfate to eradicate *Gyrodactylus salaris*. *Journal of Freshwater Ecology* 24: 597–607.
- Eriksen, T.E. 2018. Korttidseffekter på elvelevende bunnfauna av kloraminbehandling mot parasitten *Gyrodactylus salaris* i Glitra. NIVA-rapport 7237-2018. 28 s.
- Finlayson, B., Somer, W. L. & Vinson M. R. 2009. Rotenone toxicity to rainbow trout and several mountain stream insects. *North American Journal of Fisheries Management* 30: 102-111.
- Finlayson, B., Schnick, R., Skaar, D., Anderson, J., Demong, L., Duffield, D., Horton, W. & Steinkjer, J. 2010. Planning and Standard Operating Procedures for the Use of Rotenone in Fish Management – Rotenone SOP Manual. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA, 200 s.
- Fiske, O., Berntsen, H.H., Thorstad, E.B., Forseth, T. & Uglem, I. 2017. Pukkellaksåret 2017. pH-status 23 (3): 3-6.
- Fjellheim, A. 2004. Virkning av rotenonbehandling på bunndyrsamfunnene I et område ved Stigstu, Hardangervidda. LFI, Universitetet i Bergen, Rapport 122, 60 s.

- Fraser, N.H.C., Metcalfe, N.B. & Thorpe, J.E 1993. Temperature dependent switch between diurnal and nocturnal foraging in salmon. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 252: 135-139.
- Gensemer, R.W. & Playle, R.C. 1999. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Sciences and Technology* 29: 315–450.
- Gladsø, J. & Raddum, G.G. 2000. Rotenonbehandling og effekter på bunnfaunaen i Lærdalselva. Kvalitative undersøkelser. LFI, Universitetet i Bergen. Rapport 113.
- Hagen, A.G. 2017. Kartlegging av vannkjemi i Drammensregionen. NIVA-rapport 7142-2017. 34 s.
- Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Høgberget, R., Hytterød, S., Kjøsnes, A.J. & Hindar, A. 2008. Behandlings med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdraget 2007. NIVA-rapport 5577-2008. 32 s.
- Hagen, A., Kjøsnes, A., Høgberget, R., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø. & Hindar, A. 2010. Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (AIS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2009. NIVA-rapport 5943-2010. 35 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., Svendsen, J., Mo, T.A., Escudero, C., Martínez-Francés, E. & Gjessing, M. 2018. Forsøksbehandling med monokloramin mot *Gyrodactylus salaris* i elva Glitra. NIVA-rapport 7238-2018. 27 s.
- Halvorsen, G.A. & Heegaard, E. 2007. Undersøkelser av effekter på bunnfauna etter aluminiums-behandlingen mot *G. salaris* Malmberg i Lærdalselva, 2005-2006. LFI-UNIFOB, Rapport 146. 41 s.
- Haugen, T.O., Lund, E., Bækken, T., Mjelde, M. & Norling, K. 2009. Biologisk undersøkelse av indre Drammensfjord med spesielt fokus på gruntvannsområdene. NIVA-rapport 5798-2009 (upublisert utkast).
- Heggenes, J., Krog, O.M.W., Lindås, O.R., Dokk J.G. & Bremnes, T. 1993. Homeostatic behavioural responses in a changing environment: brown trout (*Salmo trutta*) become nocturnal during winter. *Journal of Animal Ecology* 62: 295-308.
- Hesthagen, T. & Kleiven, E. 2013. Forekomst av reproduserende bestander av bekkerøye (*Salvelinus fontinalis*) i Norge pr. 2013. NINA Rapport 900. 70 s.
- Hesthagen, T., Sandlund, O.T., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Wist, A.N. 2017. Utredning av bevaringstiltak for fisk i Drammensregionen. VI Rapport 16-2017 / NINA Kortrapport 57. 28 s.
- Hindar, A., Garmo, Ø., Hagen, A.G., Hytterød, S., Høgberget, R., Moen, A. & Olstad, K. 2014. Tiltak med AIS for utryddelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva i 2011 og 2012. NIVA-Rapport 6701-2014. 75 s.
- Hindar, K., Fleming, I.A., Jonsson, N., Breistein, J., Sægrov, H., Karlsbakk, E., Gammelsæter, M. & Dønnum, B.O. 1996. Regnbueørret i Norge: forekomst, reproduksjon og etablering. NINA Oppdragsmelding 454: 1-32.

- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A.J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Arnekleiv, J.V., Saltveit, S.J., Sægrov, H. & Sættem, L.M. 2007. Gytebestandsmål for norske laksebestander. NINA Rapport 226: 1-78.
- Huitfeldt-Kaas, H. 1918. Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring I Norge, med et tillæg om krebsen. Centraltrykkeriet, Kristiania (Oslo).
- Hytterød, S., Pettersen, R.A., Høgberget, R., Lydersen, E, Mo, T.A., Hagen, A.G., Kristensen, T., Berntsen, S., Abrahamsen, B. & Poléo, A.B.S. 2005. Forsøk på totlautyddelse av *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordselva ved hjelp av aluminium som hovedkjemikalium. NIVA-rapport 5015-2005. 30 s.
- Hytterød, S., Adolfsen, P., Aune, S. & Hansen, H. 2011. *Gyrodactylus salaris* funnet på røye (*Salvelinus alpinus*) i Fustvatnet (Nordland); patogen for laks (*Salmo salar*)? Veterinærinstituttets rapportserie 11, 2011. 14 s.
- Hytterød, S., Mo, T.A. & Hansen, H. 2016. The surveillance programme to map the occurrence of *Gyrodactylus salaris* in the Drammenselva catchment in 2014 - 2015. In: Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2015. Oslo: Norwegian Veterinary Institute. 5 s.
- Hytterød, S., Hansen, H., Johansen, K. & Larsen, S. 2017. The surveillance programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway 2016. In: Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2016. Oslo: Norwegian Veterinary Institute. 4 s.
- Hytterød, S., Rusch, J., Darrud, M., Mohammed, S.N. & Hansen, H. 2017. Mapping the occurrence of *Gyrodactylus salaris* upstream of the natural anadromous region of the Drammenselva catchment. In: Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2016. Oslo: Norwegian Veterinary Institute. 7 s.
- Hytterød, S., Rusch, J., Darrud, M., Mohammed, S.N. & Hansen, H. 2018. Mapping the occurrence of *Gyrodactylus salaris* upstream of the natural anadromous region of the Drammenselva catchment 2017. In: Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2017. Oslo: Norwegian Veterinary Institute. 7 s.
- Høgåsen, H. 2016. Risiko for spredning av *Gyrodactylus salaris* fra Drammensvassdraget: nye salinitetsdata. Rapport 19-2016, Veterinærinstituttet. 10 s + 1 vedlegg.
- Håland, A. & Overvoll, O. 1999. Virkninger av rotenon på bestander av fossekall *Cinclus cinclus* og andre vannfugler i Lærdalselva, Sogn og Fjordane, ett år etter behandling. Resultater fra 1998-sesongen. - Norsk Natur Informasjon - NNI - Rapport nr 52: 1-25.
- Johnsen, B.O. 1978. The effect of an attack by the parasite *Gyrodactylus salaris* on the population of salmon parr in the river Lakselva, Misvaer in Northern Norway. Astarte 11: 7-9.
- Johnsen, B.O. & Jensen, A.J. 1991. The *Gyrodactylus* story in Norway. Aquaculture 98: 289-302.
- Johnsen, B.O., Møkkelgjerd, P.I. & Jensen, A.J. 1999. Parasitten *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. NINA Oppdragsmelding 617: 1-129. Norsk institutt for naturforskning.
- Johnsen, B.O., Brabrand, Å., Jansen, P.A., Teien, H.C. & Bremset, G. 2008. Evaluering av be kjempelsesmetoder for *Gyrodactylus salaris*. Rapport fra ekspertgruppe. Utredning for DN 7: 1-140.

- Kjærstad, G. & Arnekleiv, J.V. 2007. Aluminiumbehandling mot *Gyrodactylus salaris* i Oгна og Figga i 2006 – effekter på bunndyr. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat, 2. 19 s.
- Kjøsnes, A.J., Urke, H.A., Hytterød, S., Guttvik, K.T., Pettersen, R.A., Høgberget, R., Moen, A., Sandodden, R., Hagen, A.G., Rustadbakken, A., Olsen, N., Øxnevad, S., Håvardstun, J., Stensli, J.H. & Lydersen, E. 2007. Kjemisk behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Steinkjervassdragene 2006. NIVA-rapport; 5373-2007. 23 s.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S. O., Nilsen, T. O., Kristensen, T., Rosseland, B. O., Teien, H.C. & Salbu, B. 2007. Exposure to moderate acid water and aluminium reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture* 273: 360-373.
- Larsen, B.M., Dunca E., Karlsson, S. & Saksgård, R. 2011. Elvemusling i Steinkjervassdragene: Status etter 30 år med *Gyrodactylus salaris* og flere forsøk på å utrydde lakseparasitten i Oгна og Figga. NINA Rapport 730. 79 s.
- Ling, N. 2003. Rotenone: a review of its toxicity for fisheries management. New Zealand Department of Conservation, Science for Conservation 211, Wellington, 40 s.
- Lydersen, E., Bakke, T.A., Høgberget, R., Håvardstun, J., Hytterød, S., Mo, T.A., Pettersen, R.A., Rosseland, B.O. & Øxnevad, S. 2004. Al-behandling mot *Gyrodactylus salaris* i Batnfjordelva NIVA-rapport 4783-2004. 15 s.
- Mangum, F. A., Madrigal, J. L. 1999. Rotenone Effects on Aquatic Macroinvertebrates of the Strawberry River Utah: a Five-Year Summary. *Journal of Freshwater Ecology* 14: 125-135.
- Mo, T.A. 1988. Gyrodactylus-undersøkelsene ved Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Virksomheten i 1987 og program for virksomheten i 1988. Rapport nr. 4.
- Mo, T.A. 1990. Gyrodactylusvirksomheten ved Veterinærinstituttet, Fellesavdeling for akvakultur og fiskesjukdommer, 1989. 16 s.
- Mo, T.A. 1991. Variations of opisthaptor hard parts of *Gyrodactylus salaris* Malmberg, 1957 (Monogenea: Gyrodactylidae) on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) in a fish farm, with comments on the spreading of the parasite in south-eastern Norway. *Systematic Parasitology* 20:1-9.
- Mo, T.A. 2017. Følsomhet hos fiskearter i Drammensregionen overfor rotenon og aluminium – et litteraturstudium. NINA Prosjektnotat 5. Norsk institutt for naturforskning.
- Mo, T.A., Bremset, G. & Museth, J. 2017. Kan sik være smittebærer for *Gyrodactylus salaris* i Drammensregionen? NINA Rapport 1444. Norsk institutt for naturforskning.
- Mo, T.A., Bremset, G., Museth, J. & Finstad, B. 2018. Har laksunger opphold i Drammensfjorden og i områder utenfor elvemunningene? NINA Rapport 1450. Norsk institutt for naturforskning.
- Müller, K. & Berg, E. 1982. Spring migration of some anadromous freshwater fish species in the northern Bothnian Sea. *Hydrobiologia* 96: 161-168.
- NVE Notat 2016. Hydraulisk modellering av Drammenselva, Lierelva og Sandelva. Upublisert notat fra Knut Ola Aamodt til Miljødirektoratet og arbeidsgruppen, 23.11.2016, 13 s.
- Pettersen, R.T., 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. NIVA-rapport 5349-2007. 27 s.



- Poléo, A.B.S., Schjolden, J., Hansen, H., Bakke, T.A., Mo, T.A., Rosseland, B.O. & Lydersen, E. 2004a. The effect of various metals on *G. salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon (I). *Parasitology* 128: 1-9.
- Poléo, A.B.S., Lydersen, E. & Mo, T.A. 2004b. Aluminium mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. *Norsk Veterinærtidsskrift* 3: 176-180.
- Poléo, A.B.S. & Muniz, I.P. 1993. The effect of aluminium in soft water at low pH and different temperatures on mortality, ventilation frequency and water balance in smoltifying Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Environmental Biology of Fishes* 36: 193-203.
- Potter, I.C., Tweedley, J.R., Elliott, M. & Whitfield, A.K. 2015. The ways in which fish use estuaries: a refinement and expansion of the guild approach. *Fish and Fisheries* 16: 230-239.
- Robertsen, G., Hansen, H., Bachmann, L. & Bakke, T.A. 2007. Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) is a suitable host for *Gyrodactylus salaris* (Monogenea, Gyrodactylidae) in Norway. *Parasitology* 134: 257-267.
- Robertsen, G., Olstad, K., Plaisance, L., Bachmann, L. & Bakke, T.A. 2008. *Gyrodactylus salaris* (Monogenea, Gyrodactylidae) infections on resident Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in southern Norway. *Environmental Biology of Fishes* 83: 99-105.
- Saltveit, S.J., Brabrand, Å., Bremnes, T. & Pavels, H. 2012. Tilstand for bunndyr, fisk, edelkrepser og elvemusling i Akerselva etter utslipp av hypokloritt. Naturhistorisk museum, Universitetet i Oslo, Rapport nr. 22, 43 s. + vedlegg.
- Salte, R., Bentsen, H.B., Moen, T., Tripathy, S., Bakke, T.A., Ødegård, J., Omholt, S. & Hansen, L.P. 2010. Prospects for a genetic management strategy to control *Gyrodactylus salaris* infection in wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67: 121-129.
- Sandodden, R., Wist, A.N., Moen, A., Adolfsen, P., Skei, B., Bjøru, B. & Aune, S. 2015. Bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i vassdrag i smitteregionen Rauma 2013 - 2014. Veterinærinstituttets rapportserie 4-2015. Oslo: Veterinærinstituttet. 58s.
- Sandodden, R., Brazier, M., Sandvik, M., Moen, M., Wist, A. N. & Adolfsen, P. 2018. Eradication of *Gyrodactylus salaris* infested Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Rauma River, Norway, using rotenone. *Management of Biological Invasions* 9: 66-77.
- Sandvik, M., Waaler, T., Rundberget, T., Adolfsen, P., Bardal, H. & Sandodden, R. 2018. Fast and accurate on-site determination of rotenone in water during fish control treatments using liquid chromatography. *Management of Biological Invasions* 9: 59-65.
- Stickler, M., Alfredsen, K., Scruton, D.A., Pennell, C., Harby, A. & Økland, F. 2007. Midwinter activity and movement of Atlantic salmon parr during ice formation events in a Norwegian regulated river. *Hydrobiologia* 582: 81-89.
- Soleng, A. & Bakke, T.A. 1998. The susceptibility of three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*), nine-spined stickleback (*Pungitius pungitius*) and flounder (*Platichthys flesus*) to experimental infections with the monogenean *Gyrodactylus salaris*. *Folia Parasitologica* 45: 270-274.
- Soleng, A., Poléo, A.B.S., Alstad, N.E.W. & Bakke, T.A. 1999. Aqueous aluminium eliminates *G. salaris* (Platyhelminthes, Monogenea) infections in Atlantic salmon. *Parasitology* 119: 19-25.

- Staalstrøm, A. 2018. Saltholdighet og oksygenforhold I Drammensfjorden. NIVA-rapport L.NR. 7264-2018.
- Staalstrøm, A. & Kempa, M. 2017. Modellering av kjemikalietilsetning I Drammenselva. NIVA-rapport L.NR. 7152-2017.
- Staalstrøm, A. & Kempa, M. Under bearbeidelse. Spredning av kjemikalier i Drammensfjorden ved bekjempning av lakseparasitt. NIVA-rapport.
- Tormodsgard, L. 2014. Enkel bestandskartlegging med elfiskebåt av fiskebestanden mellom Hellefoss og Døvikfoss i Drammenselva 2014. NaturPartner, Skien, Rapport NP 5-2014. 20 s.
- Tormodsgard, L. 2016 Enkel bestandskartlegging med elfiskebåt av fiskebestanden nedstrøms Hellefoss i Drammenselva. NaturPartner, Skien, Rapport NP 1-2016. 22 s.
- Vinson, M.R., Dinger, E.C. & Vinson, D.K. 2010. Piscicides and invertebrates: after 70 years, does anyone really know? Fisheries 35: 61–71.
- Williams, M.L., Palmer, C.G. & Gordon, A.K. 2003. Riverine macroinvertebrate responses to chlorine and chlorinated sewage effluents - Acute chlorine tolerances of *Baetis harrisoni* (Ephemeroptera) from two rivers in KwaZulu-Natal, South Africa. Water SA 29(4): 483-488.
- Wist, A., Moen, A., Sandodden, R., Aune, S., Hokseggen, T. & Skei, B. 2016. Bekjempelse av *Gyrodactylus salaris* i Ranaelva. Veterinærinstituttet rapport 11-2016. 62 s.
- Aagaard, K. & Dolmen, D. (red.) 1996. Limnofauna Norvegica. Katalog over norsk ferskvannsf fauna. Tapir Forlag, Trondheim. 310 s.

**Vedlegg 1. Rotenonbehandlinger mot *G. salaris* i norske laksevassdrag. I perioden 1981-2016 ble parasitten utryddet 83 % av behandlingene.**

Vassdrag	Behandlet år	Resultat	Kommentar
Vikja	1981/1982	Friskmeldt	
Korsbrekkelva	1986	Friskmeldt	
Tafjordelva	1986/1987	Friskmeldt	
Bøvra	1986	(Mislykket)	Smittereduserende behandling under svært ugunstige forhold. Smoltanlegg Bø-verfisk ikke sanert.
Aureelva	1988	Friskmeldt	
Vikelva	1988	Friskmeldt	
Fættelva (Vulluelva)	1988	Friskmeldt	
Langsteinelva	1988	Friskmeldt	
Skibotnelva	1988	Mislykket	Viktige røyehabitater trolig ikke behandlet eller behandlet med utilstrekkelig dose.
Bøvra	1989	Friskmeldt	
Eidsdalselva	1990	Friskmeldt	
Norrdalselva	1990	Friskmeldt	
Valldalselva	1990	Friskmeldt	
Lakselva	1990	Friskmeldt	
Storelva	1991	Friskmeldt	
Rauma	1993	Mislykket	Smitte påvist på nytt i 1996
Hensvassdraget (Isa og Glutra)	1993	Friskmeldt	Smitte påvist på nytt i høsten 2000. Re-infisert fra Rauma
Innfjordelva	1993	Vellykket	Smitte påvist på nytt i 1999. Sannsynligvis re-infisert av fisk fra Rauma der smitte på ny ble påvist i 1996
Måna	1993	Friskmeldt	Smitte påvist på nytt i 2011. Re-infisert fra Rauma
Steinkjervassdraget (Ogna og Byaelva)	1993	Mislykket	
Batnfjordselva	1994	Friskmeldt	
Beiarelva	1994	Friskmeldt	
Skibotnelva	1995	Mislykket	Tillatt rotenonkonsentrasjon trolig utilstrekkelig på grunn av betydelig fortynning på strekninger med grunnvann.
Steinkjervassdraget (Ogna og Byaelva)	2001/2002	Mislykket	
Lærdalselva	1997	Mislykket	Gjennomført til tross for mangelfull forberedelse.
Halsanelva	2003	Mislykket	Kun enkeltbehandling gjennomført på vår med lave temperaturer
Hestdalselva	2003	Mislykket	Kun enkeltbehandling gjennomført på vår med lave temperaturer
Ranaelva	2003/2004	Friskmeldt	Friskmeldt i 2009. Ny påvisning i 2014, sannsynligvis etter re-infeksjon fra ukjent smitterefugie.
Røssåga	2003/2004	Friskmeldt	
Bjerka	2003/2004	Friskmeldt	

Bardalselva	2003/2004	Friskmeldt	
Sannaelva	2003/2004	Friskmeldt	
Slettenelva	2003/2004	Friskmeldt	
Leirelva	1996	Vellykket	Smitte påvist på nytt i 2004. Re-infisert fra andre vassdrag i Vefsnaregionen.
Leirelva	2004/2005	Friskmeldt	Ny påvisning i Leirelva, trolig etter re-infeksjon fra andre elver i Vefsnaregionen.
Ranelva (i Leirfjord)	2006	Friskmeldt	Behandlet etter smitte påvist samme år.
Steinkjervassdraget (Ogna og Byaelva)	2008/2009	Friskmeldt	
Figga	2008/2009	Friskmeldt	
Lundelva	2008/2009	Friskmeldt	
Halsanelva	2010/2011	Friskmeldt	
Hestdalselva	2010/2011	Friskmeldt	
Dagsvikelva	2010/2011/2011	Friskmeldt	Smittereduserende behandling i nedre deler i 2010.
Nylandselva	2010/2011/2012	Friskmeldt	Smittereduserende behandling i nedre deler i 2010.
Hundåla	2011/2012	Friskmeldt	
Drevja	2011/2012	Friskmeldt	
Vefsna m/ sideelver	2011/2012	Friskmeldt	
Fusta elv nedenfor Forsmofors	2011/2012	Vellykket	Ikke formelt friskmeldt på grunn av uavklart smittestatus på røyebestander oppstrøms. Ingen funn av <i>G. salaris</i> på laks i elv nedstrøms innsjøene.
Ranaelva	2014/2015		Ny behandling etter ny påvisning. Under friskmelding
Antall behandlinger som kan bedømmes*:	45		
Antall mislykkede behandlinger:	8		Inkluderer ikke Bøvra 1986 som i realiteten kun var en smittereduserende behandling uten at infisert smoltanlegg i tilknytning til vassdraget ble sanert
Antall vellykkede behandlinger:	37		Tar ikke med Innfjordelva
<b>Suksessrate</b>	<b>83 %</b>		

\*Gjentatte behandlinger påfølgende år regnes her som én behandling. Behandlinger i nærliggende vassdrag uten påvist gyro inkluderes ikke i statistikken. Elver med felles utløp i sjø betraktes som ett vassdrag/en behandling.

**Vedlegg 2. Aluminiumsbehandlinger mot *G. salaris* i norske laksevasdrag.**

Vassdrag	Behandlet år	Resultat	Kommentar
Batnfjordelva	2004	Mislykket	Fullskala behandling kun ett år. Kan ikke utelukke re-smitte fra Driva
Lærdalselva	2005-2006	Mislykket	Fullskala behandling. Primært vinterbehandling. <i>G. salaris</i> overlevde trolig på laksunger i grunnvannsforekomster.
Steinkjervassdraget (Ogna og Byaelva)	2006-2007	Mislykket	Behandling avbrutt pga logistikkproblemer med dosering av 96 % svovelsyre for første gang
Figga	2006-2007	Mislykket	Behandling avbrutt pga logistikkproblemer med dosering av 96 % svovelsyre for første gang
Halsanelva	2007	Vellykket	Smittereduserende behandling
Hestdalselva	2007	Vellykket	Smittereduserende behandling, <i>G. salaris</i> aldri påvist etter Al-behandlingen
Lærdalselva	2008	Vellykket	Smittereduserende behandling
Lærdalselva	2009	Vellykket	Smittereduserende behandling
Lærdalselva	2011-2012	Friskmeldt	

### **Vedlegg 3. Kjemiske stoffer i CFT-Legumin**

#### **Formulering CFT-L (3,3 % rotenon):**

5-Etyl-1,3-dioksan-5-metanol (10 %)

Rotenon (3,3 %)

Benzensulfonsyre, 4-C10-14-alkylderivat, kalsiumsalter (1,2-1,4 %)

Butan-1-ol (0,6-1,2 %)

Merknader: Inneholder 30-60 % 2-(2-etoksyetoksy)etanol, 8,05 % cube-resin (med  $\approx$  41% rotenon), fettsyreester og surfaktanter<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> En surfaktant er en kjemisk forbindelse som reduserer overflatespenningen i en væske slik at den lettere kan blandes med andre væsker



*Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.*

*NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.*

*NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.*

ISSN: 1504-3312  
ISBN: 978-82-426-3187-9

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger