

1641

NINA Rapport

Miljø-DNA som metode for overvåking av *Gyrodactylus salaris* og laks i Drivaregionen

Frode Fossøy, Rolf Sivertsgård, Hege Brandsegg, Øyvind Solem, Kjetil Hindar og Tor Atle Mo



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.

Miljø-DNA som metode for overvåking av *Gyrodactylus salaris* og laks i Drivaregionen

Frode Fossøy
Rolf Sivertsgård
Hege Brandsegg
Øyvind Solem
Kjetil Hindar
Tor Atle Mo

Frode Fossøy, Rolf Sivertsgård, Hege Brandsegg, Øyvind Solem
Kjetil Hindar og Tor Atle Mo 2019. Miljø-DNA som metode for
overvåking av *Gyrodactylus salaris* og laks i Drivaregionen. NINA
Rapport 1641. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, februar 2019

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3384-2

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Sebastian Wacker

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAUGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAUGSGIVERS REFERANSE

M- 1296|2019

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Jarle Steinkjer

FORSIDEBILDE

Øverst fra venstre:

Gyrodactylus salaris x 2 © Tor Atle Mo

Fiskesperra i Driva © Gunnbjørn Bremset

Filtrering av vann i felt © Magdalene Langset

NØKKEWORD

- Møre og Romsdal, Sunndal, Oppdal
- Driva, Usma
- Miljø-DNA
- *Gyrodactylus salaris*
- *Gyrodactylus derjavinoidea*
- Laks, *Salmo salar*
- Ørret, *Salmo trutta*

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

Sammendrag

Frode Fossøy, Rolf Sivertsgård, Hege Brandsegg, Øyvind Solem, Kjetil Hindar og Tor Atle Mo 2019. Miljø-DNA som metode for overvåking av *Gyrodactylus salaris* og laks i Drivaregionen. NINA Rapport 1641. Norsk institutt for naturforskning.

I dette prosjektet har vi testet miljø-DNA som metode for overvåking av fiskeparasitten *Gyrodactylus salaris* og laks i elva Driva i forbindelse med oppføringen av fiskesperra ved Snøvasfossen i 2017. Som del av bekjempelsen av *G. salaris* fra elva Driva er det ønskelig å dokumentere at både parasitten og verten etter hvert forsvinner ovenfor sperra. Vi presenterer her data fra de to første årene av denne undersøkelsen. I tillegg har vi testet forekomst av *G. salaris* i forhold til et vandringshinder i elva Usma. Vi har i 2017 og 2018 testet ulike filtre og vannvolumer for påvisning av *G. salaris*. I 2017 ble det bare tatt prøver i november, mens det i 2018 ble tatt prøver både i september og i november.

Resultatene viser at vi kan påvise *G. salaris*, samt dens slektning *G. derjavinoides* som parasitører ørret, på de aller fleste målepunktene vi tok prøver fra både i Driva og Usma. Vi påviste verken laks eller *G. salaris* ovenfor vandringshinderet i Usma. I Driva økte DNA-konsentrasjonen av både laks og ørret nedstrøms sperra som forventet. For *G. salaris* fant vi høyest DNA-konsentrasjon like over sperra i november 2017, men i september 2018 fant vi høyest DNA-konsentrasjon nedenfor sperra. DNA-konsentrasjonen av *G. salaris* var mye høyere i september enn i november. Vi anbefaler derfor at videre undersøkelser gjøres i september for å overvåke parasitten med miljø-DNA.

Vi fant ingen store endringer i konsentrasjonen av miljø-DNA for verken *G. salaris* eller laks fra november 2017 til november 2018. En varm sommer i 2018 har sannsynligvis ført til høy overlevelse av parasitten til tross for en reduksjon av antall laksunger. Med bortfall av 0+ generasjonen ovenfor sperra er også de gjenværende laksungene større i 2018. Konvensjonelle el-fiskeundersøkelser fanget bare opp 22 laks ovenfor sperra i 2018, men antall parasitter per laks var mye høyere i 2018 enn i 2017.

Frode Fossøy, Rolf Sivertsgård, Hege Brandsegg, Øyvind Solem, Kjetil Hindar - Norsk institutt for naturforskning, Pb. 5685 Torgarden, 7485 Trondheim; Tor Atle Mo - Norsk institutt for naturforskning, Gaustadalléen 21, 0349 Oslo.

Innhold

1 Innledning.....	6
2 Material og metode.....	7
2.1 Feltarbeid.....	7
2.2 Laboratoriearbeid.....	9
3 Resultater og diskusjon.....	10
3.1 Påvisning av fisk og parasitter med miljø-DNA.....	10
3.2 Sammenligning av filtre.....	10
3.3 Sammenligning mellom november 2017 og 2018.....	11
3.4 Sammenligning mellom september og november i 2018.....	11
4 Konklusjon	17
5 Referanser.....	18

Forord

Miljø-DNA er en ny metode for å overvåke vannmiljøer på en rask og enkel måte. Noen få vannprøver er ofte tilstrekkelig for å kunne påvise en art i en lokalitet. I denne rapporten har vi på oppdrag fra Miljødirektoratet testet om miljø-DNA kan bidra til overvåking av fiskeparasitten *Gyrodactylus salaris* i Drivaregionen. Med oppføringen av fiskesperra i Driva i 2017 er det forventet at både laks og parasitt skal forsvinne oppstrøms sperra i løpet av noen få år, og miljø-DNA kan være et mulig verktøy for å dokumentere dette forløpet. Så langt har vi tatt prøver i første og andre år etter oppføring av sperra og finner relativt høye konsentrasjoner av miljø-DNA oppstrøms sperra i begge år.

En stor takk rettes til Miljødirektoratet og Jarle Steinkjer for tilrettelegging og oppfølging av miljø-DNA-prosjektet på Gyro. Oskar Pettersen og Magdalene Langset takkes for stor innsats i felt, og Craig R. Jackson takkes for hjelp til utforming av kart.

27. februar 2019, Trondheim

Frode Fossøy
Prosjektleder

1 Innledning

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* har blitt påvist i 50 norske elver siden den første utilsikta innføringen til Norge på 1970-tallet (Hytterød mfl. 2018). Utrydding av parasitten startet allerede på starten av 80-tallet, og så langt har 42 elver blitt behandlet med rotenon og en elv med surt aluminium (Hindar mfl. 2015). I 2018 er 32 elver friskmeldt mens 11 elver er i en 5-års venteperiode før de kan friskmeldes. Av de 50 infiserte elvene i Norge gjenstår nå altså sju elver med *G. salaris*. Fire av disse elvene er lokalisert i Drivaregionen. I henhold til 'Handlingsplanen mot *Gyrodactylus salaris* for perioden 2014-2016' (Miljødirektoratet 2014) er det ønskelig å utrydde *G. salaris* fra Driva og de tre andre elvene i Drivaregionen, deriblant Usma.

Drivavassdraget har sitt utspring i sentrale deler av Dovrefjell og munner ut i Sunndalsfjorden ved Sunndalsøra (**Figur 2**). Vassdragets naturlige nedbørsfelt er 2493 km², hvorav 373 km² er regulert gjennom Driva kraftverk. Driva har mange stryk og fosser med et gjennomsnittlig fall på 6,6 meter per kilometer, og elva er preget av en regelmessig veksling mellom stryk og høler. Driva er det vassdraget i Norge hvor laks og sjørøret vandrer høyest over havet, om lag 580 moh. (Solem mfl. 2017). Driva er et stort og komplekst vassdrag der parasitten forekommer på omtrent 100 km elvestrekning. For å redusere parasittens utbredelse i Drivavassdraget har det blitt bygget en fiskevandringssperre ved Snøvasfossen, ca. 26 km fra elvemunningen. Denne stod klar før oppvandring av laks i 2017. Hensikten er at parasitten skal forsvinne på oversiden av sperra. Dette vil skje gradvis etter hvert som laksungene dør eller smoltifiserer og vandrer til havet. Deretter skal de gjenværende 26 km behandles kjemisk for å utrydde parasitten fra vassdraget.

Usmavassdraget munner også ut i Sunndalsfjorden, ca. 15 km vest for Driva (**Figur 3**). Nedbørsfeltet er 140 km² og dekker fjellområdene mellom Eikesdalen og Sunndalsfjorden. Vassdraget er regulert med et elvekraftverk ved Brandstad, omtrent 13 km fra munningen. Det er få store innsjøer i vassdraget, og Usma må betegnes som en utpreget flomelv. Den er derfor forbygd på begge sider langs hele dalen og elveløpet er rettet ut og nærmest kanalisert over lange strekninger. Til forskjell fra Driva, er Usma derfor ikke så stri og har et mer jevnt løp mot Sunndalsfjorden. I 1926 ble det bygd fisketrapp med 11 kulper i den 4,8 m høge Fallfossen, ca. 9 km fra utløpet. Trappa fungerte bra, slik at laks og sjørøret kunne gå helt opp til Jønnstadsetra, omtrent 15 km fra sjøen. Det meste av fisken blir fanget nedenfor fisketrappa, men de beste gyte- og oppvekstområdene finnes i elvas øvre deler. Fisketrappa har vært stengt siden tidlig på 80-tallet for å hindre forekomst av *G. salaris* på oversiden (Solem mfl. 2019).

For å dokumentere forekomst av *G. salaris* i en lakseelv har man til nå samlet inn laksunger med elektrisk fiskeapparat og undersøkt hud og finner hos laksunger under et stereomikroskop (Solem mfl. 2017). Dette er en arbeids- og kostnadskreven metode. I tillegg kan det være vanskelig å samle inn laksunger når tettheten er lav.

Miljø-DNA er en ny metode for å påvise arter i et vannmiljø, der en enkel filtrering av vann i felt sammen med genetiske analyser på lab, kan påvise små rester av vev og celler utskilt fra organismene som lever i miljøet (Fossøy mfl. 2017, Fossøy mfl. 2018, Taugbøl mfl. 2018). NINA har optimalisert miljø-DNA-metoder for påvisning av både *G. salaris* og *G. derjavinaoides* i tillegg til ørret (*Salmo trutta*) og laks (*S. salar*). I dette prosjektet har vi gjennomført prøvetaking med ulike filtre og vannvolumer for å optimalisere protokollen for påvisning av disse vertene og parasittene i Driva og Usma. Målet med denne undersøkelsen er å vurdere om miljø-DNA kan fungere som en overvåking metode for *G. salaris*, og sammenligne resultatene fra denne metoden med konvensjonelle el-fiskeundersøkelser. I Driva ønsker vi å påvise at laksen og *G. salaris* forsvinner oppstrøms sperra år for år og dermed bidra til å dokumentere at parasitten er utrydda i dette området slik at en kjemisk utrydding nedstrøms sperra kan fjerne parasitten fra vassdraget. Vi forventer derimot ikke en stor endring i bestanden av ørret eller forekomst av *G. derjavinaoides* oppstrøms sperra. I denne rapporten presenterer vi resultatene fra de to første årene av disse undersøkelsene.

2 Material og metode

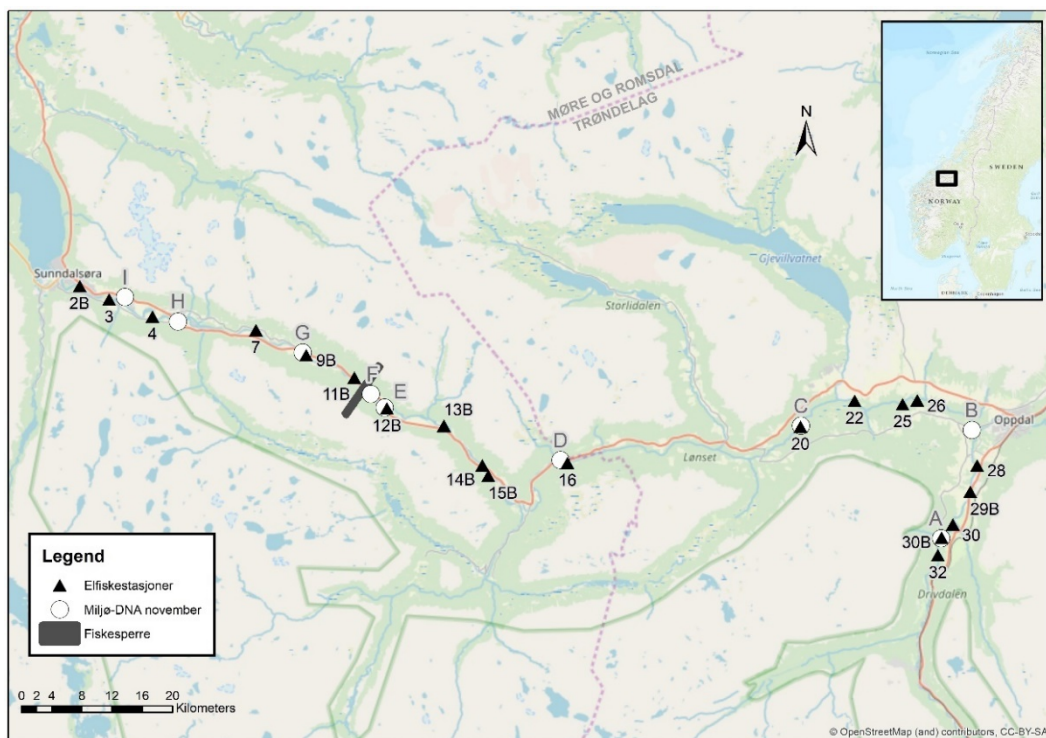
2.1 Feltarbeid



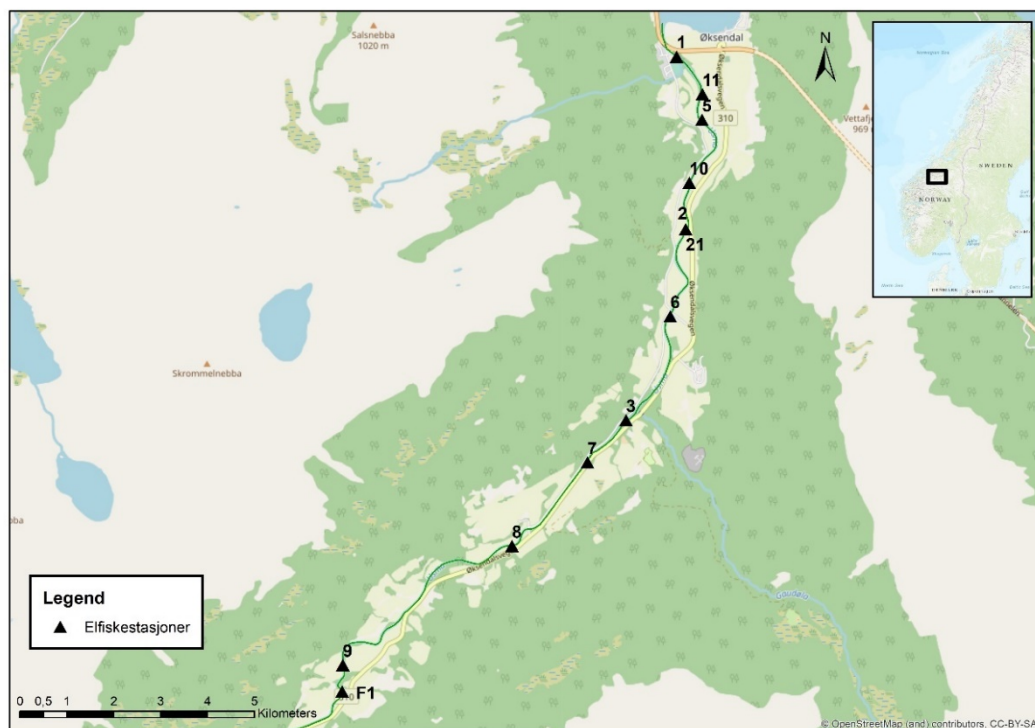
Figur 1. Filtrering av vannprøver i felt. Foto: Magdalene Langset.

I 2017 ble det bare gjennomført prøvetaking i Driva i november. I 2018 ble det gjennomført prøvetaking både i Driva og Usma i september, og i Driva i november. Prøvetaking i Driva i november 2017 og 2018 ble gjennomført for et mindre og noe annet utvalg av stasjoner enn i september 2018 (**Figur 2**). Oppstart av prosjektet ble bestemt litt for sent til å kunne inkludere prøvetaking i september 2017 parallelt med innsamling av laks- og ørretunger. I 2018 ble prøvetaking koordinert med de konvensjonelle undersøkelsene av ungfisk (Robertsen mfl. 2019). I tillegg ble det besluttet å ta miljø-DNA-prøver i november 2018 for å kunne sammenligne med prøvene fra 2017.

To ulike typer av filtre ble testet begge år: et finmasket 0,45 µm cellulosefilter (Pall Corporation) og et litt mer grovmasket 2,0 µm glassfiberfilter (Merck Millipore). Vi filtrerte 1 liter vann gjennom cellulosefilteret, og 10 liter vann gjennom glassfiberfilteret. Vannet ble filtrert ved hjelp av 3-armet manifold (Pall Corporation) koplet sammen med en 220V vakuumpumpe (Microsart e.jet; Sartorius GmbH) drevet av et 12V DC batteri koplet til en strømomformer (**Figur 1**). Prøvetaking i Usma ble kun gjennomført i september 2018, og kun med 2,0 µm glassfiberfilter. For hver stasjon ble det tatt doble prøver av hver filtertype.



Figur 2. Stasjoner for uttak av miljø-DNA-prøver i Driva. Hvite sirkler angir stasjoner prøvetatt i november 2017 og 2018, mens svarte trekanter angir stasjoner prøvetatt i september 2018, og som også blir brukt til el-fiskeundersøkelser av ungfisk. Plasseringen av fiskesperra er angitt med en svart firkant mellom el-fiskestasjonene 11B og 12B, der 11B er nedstrøms sperra.



Figur 3. Stasjoner for uttak av miljø-DNA-prøver i Usma med oversikt over stasjoner prøvetatt i dette studiet, og som også blir brukt til el-fiskeundersøkelser av ungfisk. Stasjon 9 er nedstrøms antatt vandringshinder mens F1 er oppstrøms dette hinderet.

2.2 Laboratoriearbeid

For isolering av DNA fra 0,45 µm cellulosefiltrene brukte vi en modifisert protokoll av *DNeasy Blood and Tissue Kit* (Qiagen) beskrevet av Spens mfl. (2017). For 2,0 µm glassfiberfiltrene brukte vi en stor-volum-ekstraksjon med *FastDNA 50 mL SPIN Kit for Soil* (MP Biomedicals) sammen med en oppkonsentrering av isolatet i etterkant (Microcon DNA Fast Flow Filter, Merck Millipore) i 2017. Dette viste seg være en tidkrevende protokoll og vi endret derfor isolering av glassfiberfilter til NucleoSpin Plant II Midi (Macherey-Nagel) i 2018. Denne endringen av protokoll medførte også at vi bare samlet inn vannprøver med 0,45 µm filtrene i november 2018 for å kunne sammenligne med november 2017.

Alle prøvene ble analysert med artsspesifikke markører for *G. salaris*, *G. derjavinoidea*, laks og ørret, altså 4 markører totalt. Vi brukte markørene for Gyrodactylus-arter på laksefisk utviklet av Collins mfl. (2010) og markøren for ørret utviklet av Gustavson mfl. (2015). For laks har vi utviklet en ny markør basert på kontrollregionen av mitokondriet (Fossøy mfl. 2019). Kvantifisering av DNA-konsentrasjon ble gjort med dråpe-digital-PCR (ddPCR, «droplet-digital PCR» fra Biorad).

3 Resultater og diskusjon

3.1 Påvisning av fisk og parasitter med miljø-DNA

I Driva påviste vi begge *Gyrodactylus*-artene samt laks og ørret på de fleste stasjonene både i 2017 og i 2018 (**Figur 4 og 5**). DNA-konsentrasjonen av de to fiskeartene viste relativt liten variasjon på oversiden av sperra og hadde en markant høyere konsentrasjon nedstrøms sperra. Vi antar at dette reflekterer en økt biomasse av fisk nedstrøms sperra, selv om akkumulering av miljø-DNA kan forklare noe av dette mønsteret. Noen studier viser at estimering av lokal tetthet av fisk ved hjelp av miljø-DNA i en elv kan være problematisk da miljø-DNA kan transporteres flere kilometer (Deiner & Altermatt 2014, Rice mfl. 2018), mens andre studier finner at miljø-DNA nedbrytes relativt raskt og kan reflektere lokal tetthet (Doi mfl. 2017, Tillotson mfl. 2018).

De to parasittene hadde høyest DNA-konsentrasjon rett oppstrøms sperra i november 2017, men dette mønsteret var mindre fremtredende i november 2018 (**Figur 6**). I september 2018 viste *G. salaris* en økende DNA-konsentrasjon nedstrøms sperra og så ut til å reflektere DNA-konsentrasjonen av laks (**Figur 5**). Noe overraskende viste resultatene fra september en høyere DNA-konsentrasjon av *G. salaris* enn laks i Driva. Resultatene fra november i både 2017 og 2018 viser derimot en klar konsentrasjonsforskjell mellom parasitter og fisk, der de to fiskeartene har ti ganger høyere DNA-konsentrasjon enn parasittene nederst i elva (**Figur 6 og 7**).

I Usma ble det kun samlet inn prøver i september 2018 og vi kunne påvise laks, ørret og *G. salaris* (**Figur 8**) i elva. Vi påviste ikke *G. derjavinoidea* i dette vassdraget. Vi påviste verken laks eller *G. salaris* oppstrøms fisketrappa i denne studien. Laks ble heller ikke påvist med el-fiskeundersøkelser (Solem mfl. 2019). Undersøkelsen i Usma dekker en mye kortere elvestrekning en undersøkelsen i Driva, og vi ser at variasjonen mellom prøver tatt på ulike stasjoner gir svært liten variasjon i DNA-konsentrasjon (**Figur 8**). Vi finner ingen brå endringer i langs elva, men en gradvis økning av miljø-DNA nedover elva. Dette kan tyde på det står en høyere biomasse av fisk lengre ned i elva, eller at vi ser en effekt av akkumulering av miljø-DNA som reflekterer samla biomasse av fisk ovenfor prøvetakingsstedet. En sammenligning av verdiene i september viser at vi finner ca. 1400 DNA-kopier av *G. salaris* i gjennomsnitt nederst i Usma, mens det er hele 10 000 DNA-kopier per liter vann nederst i Driva. Dette synes å reflektere de konvensjonelle analysene som viser en mye høyere forekomst av parasitten i Driva enn i Usma (Robertsen mfl. 2019, Solem mfl. 2019). For laks fant vi ikke en tilsvarende forskjell i DNA-konsentrasjon mellom elvene, med ca. 4000 DNA-kopier per liter nederst i Usma og ca. 5000 DNA-kopier per liter nederst i Driva.

3.2 Sammenligning av filtre

De to ulike filtertypene viser stort sett det samme mønsteret for DNA-konsentrasjon langs elva (**Figur 4 og 5**). Det finere cellulosefilteret fanger som forventet opp noe mer DNA per liter vann som blir filtrert, sammenlignet med det grovere glassfiberfilteret. Men det store vannvolumet man klarer å filtrere gjennom glassfiberfilteret ser ut til å øke sannsynligheten for å påvise arter med lav tetthet. Ser man på resultatene for *G. derjavinoidea*, oppdager vi at flere prøver tatt med det fineste filteret ikke finner arten i det hele tatt mens glassfiberfilteret stort sett påviser arten i alle prøvene. Dette tyder på at man bør benytte glassfiberfilter og et stort vannvolum for å påvise arter med lav tetthet.

Et annet viktig aspekt ved valg av filter er hvor brukervennlig metoden er i felt. I vannmiljøer med høyt partikkelinnhold og/eller mye alger vil det være vanskelig å filtrere 1 liter vann gjennom 0,45 µm cellulosefilteret. Filteret vil veldig raskt gå tett, og det brukes ofte lang tid på å filtrere noen få desiliter vann. Her vil 2,0 µm glassfiberfilter være enklere å bruke i felt da man relativt raskt kan filtrere flere liter vann uten at det går tett. Vi har tidligere anbefalt bruk av sterile engangsfiltre for å unngå kontaminering av DNA mellom prøver i felt (Fossøy mfl. 2017). Cellulosefilteret på 0,45

μm er et sterilt engangsfilter med filterholder, mens glassfiberfilteret på 2,0 μm krever en ekstra filterholder som gjenbrukes mellom ulike stasjoner. Filterholderen må derfor først klores og skylles godt med destillert vann mellom hver lokalitet for å unngå kontaminering mellom prøver.

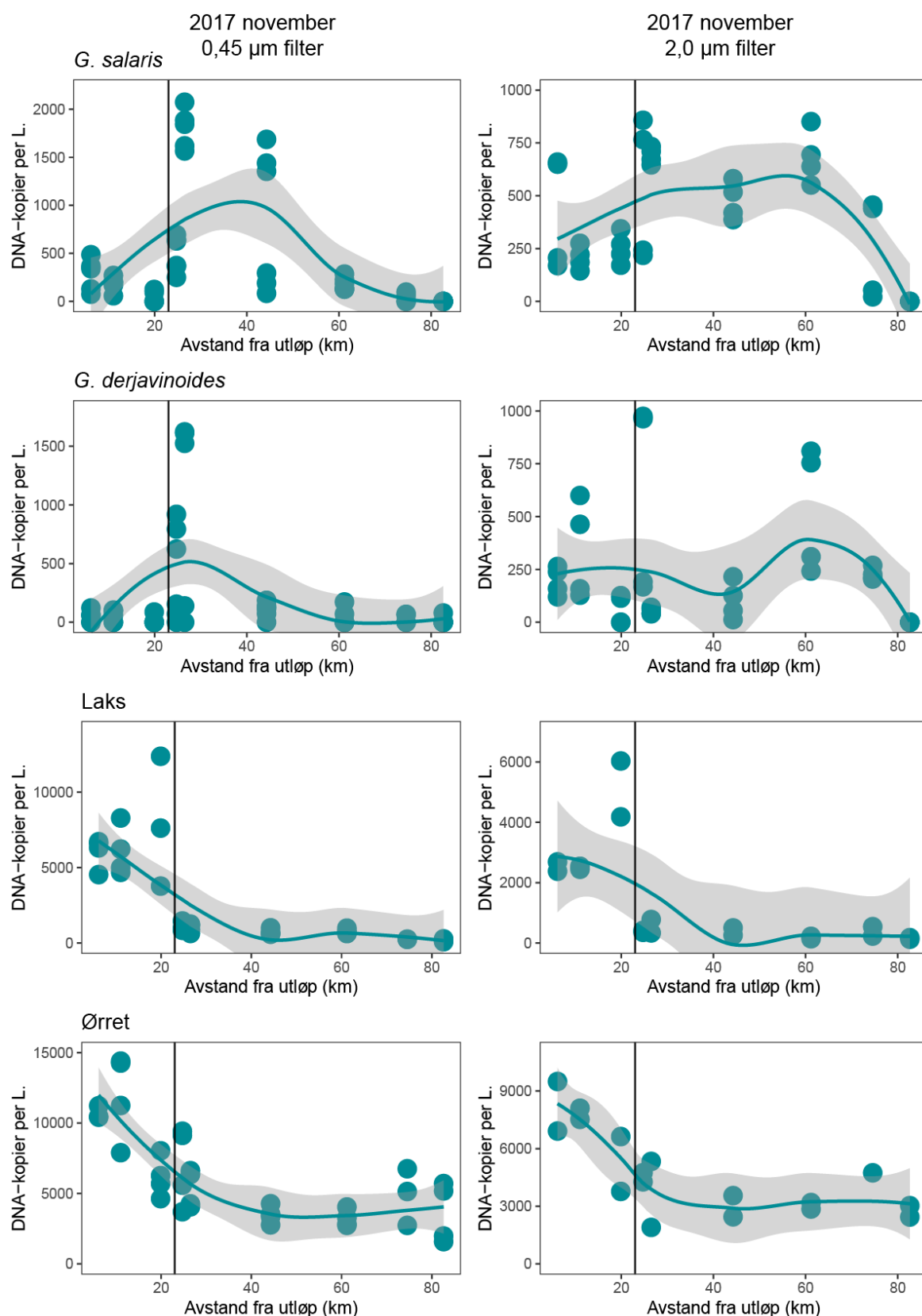
3.3 Sammenligning mellom november 2017 og 2018

Siden vi i 2017 kun fikk tatt prøver i november, gjorde vi også en prøvetaking i november 2018 for å kunne sammenligne resultatene mellom årene. Vi finner liten forskjell og få tegn til endring av både DNA-konsentrasjon og mønsteret av miljø-DNA langs elva (**Figur 6**). Ut fra figuren kan det se ut som om mønsteret har flatet noe ut oppstrøms sperra i 2018, men det er stort sett enkeltprøver som utgjør denne forskjellen mellom år. Vi kan derfor ikke påvise noen endring i mengden *G. salaris* i denne perioden.

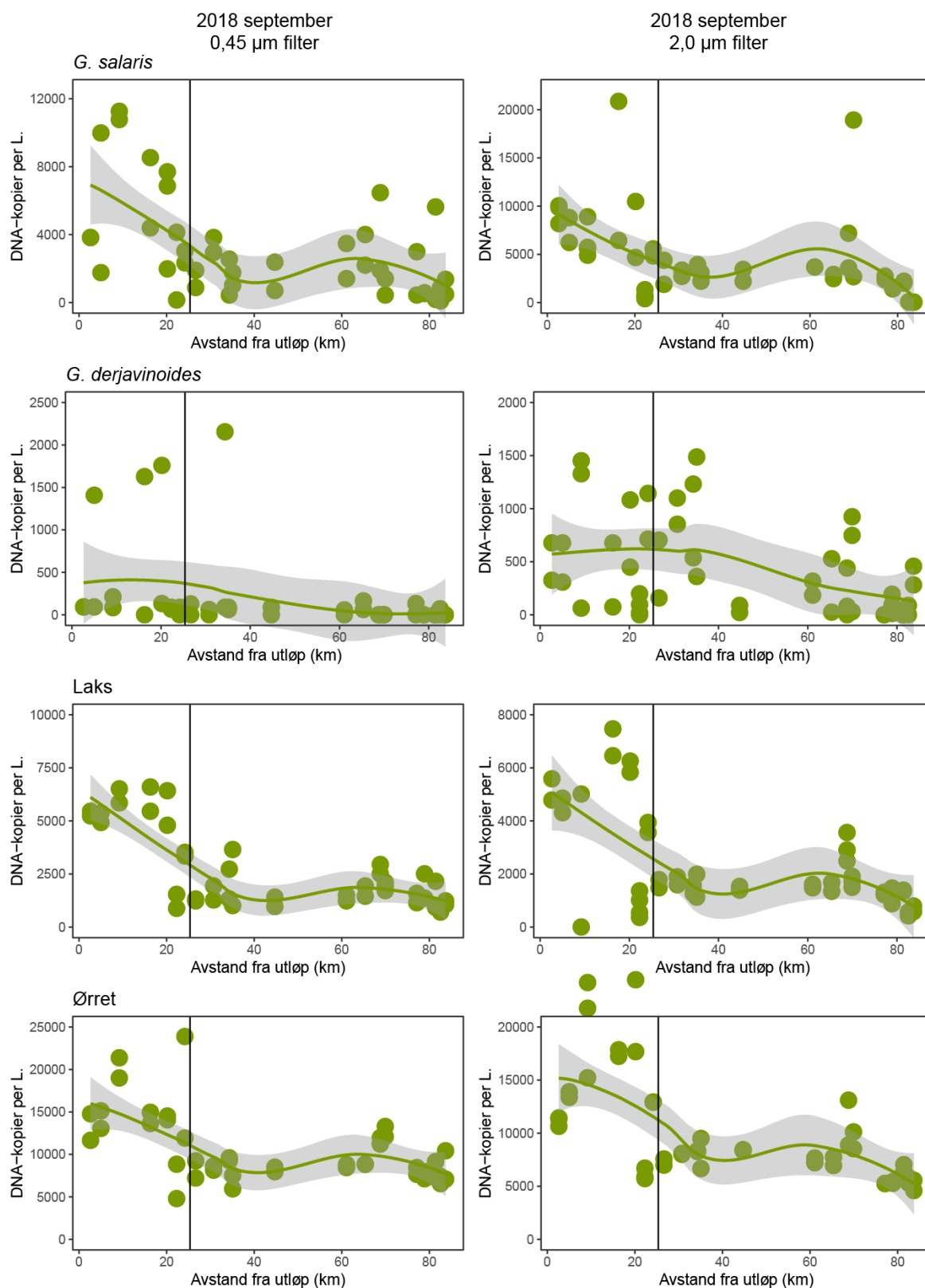
I 2017 ble det fanget 322 laksyngel (0+) og 13 eldre laksunger på de 15 el-fiskestasjonene ovenfor sperra (Solem mfl. 2018). Gjennomsnittlig antall fisk per 100 m² oppstrøms sperra er beregnet til 33,1 for laksyngel og 0,9 for eldre laksunger. Alle eldre laksunger var 2+ og 3+, noe som indikerer at overlevelsen hos 0+ i 2016 var svært dårlig. I 2018 ble det, som forventet, ikke fanget laksyngel oppstrøms sperra. Totalt ble det fanget 21 eldre laksunger, som alle var 1+, på de 15 el-fiskestasjonene ovenfor sperra (Robertsen mfl. 2019). Dette gir omtrent 1,9 ettårige laksunger per 100 m² for hele elvestrekningen ovenfor sperra. Dette er mer enn dobbelt så mange eldre laksunger per 100 m² som i 2017. I og med at gjennomsnittlig forekomst av *G. salaris* er høyere på 1+ enn på 0+, kan dette forklare hvorfor antall DNA-kopier fra *G. salaris* er like høyt ovenfor sperra i 2018 som i 2017 selv om det totale antall laksunger var mye høyere i 2017 enn i 2018. I og med at alle eldre laksunger i 2018 var 1+, kan det bety at det knapt har overlevd laksunger fra gytingen i 2015 og at laksungene som var 2+ og 3+ i 2017, vandret ut som smolt våren 2018 eller var døde. I 2019 vil det trolig bare være eldre laksunger (2+) fra gytingen i 2016. Det kan da forventes en nedgang i antall DNA-kopier fra *G. salaris* og laks høsten 2019, men dette vil være avhengig av smoltalder til den siste generasjonen av laksunger som er klekket ovenfor sperra. Mye tyder på at smoltalder hos laks har gått ned, i alle fall ovenfor sperra (Arnekleiv mfl. 2010), som følge av redusert konkurranse og økt mattilgang for laksungene.

3.4 Sammenligning mellom september og november i 2018

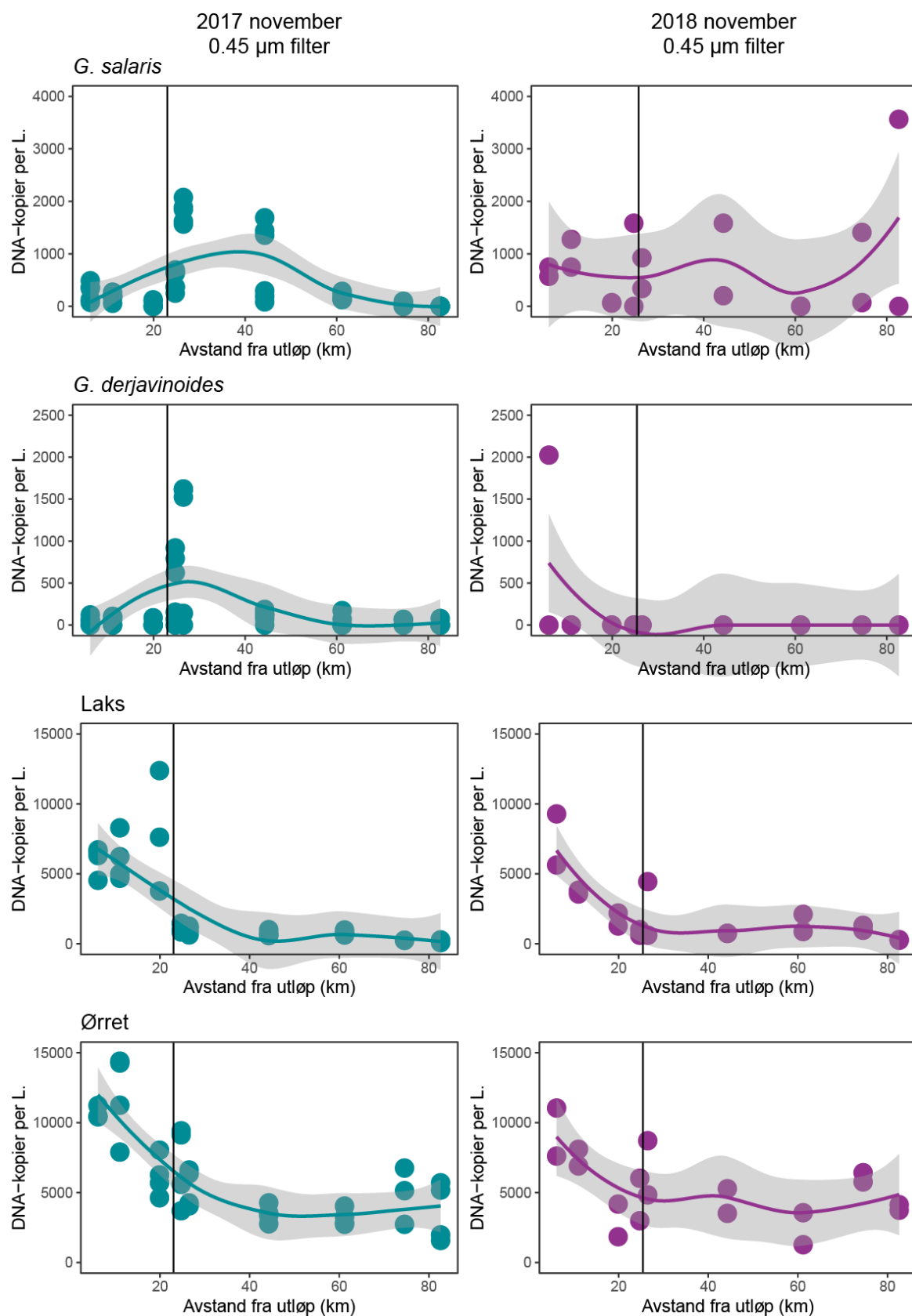
I tidligere studier er det vist at lavere vanntemperatur vil redusere konsentrasjonen av miljø-DNA i et vannmiljø (Fossøy mfl. 2017). Vi forventer derfor at prøver tatt i november vil vise lavere DNA-konsentrasjoner enn prøver samlet inn i september. For laks og ørret ser resultatene i dette studiet til å stemme bra med denne forventingen (**Figur 7**). For *G. salaris* finner vi en kraftig reduksjon av DNA-konsentrasjonen i november, samt en endring i formen på kurva, der dataene fra september viser en kraftig oppgang i DNA-konsentrasjon nedstrøms fiskesperra, mens dataene fra november ikke viser en slik effekt (**Figur 7**). Vi kan ikke utelukke at dette er en effekt av endra vannføring i elva generelt eller av endra tilførsel av vann fra vannkrafttunneller nedstrøms fiskesperra som da vil tynne ut konsentrasjonen av miljø-DNA. Nå ser vi ikke en slik effekt hos ørret eller laks, der formen på kurva er ganske lik i september og november.



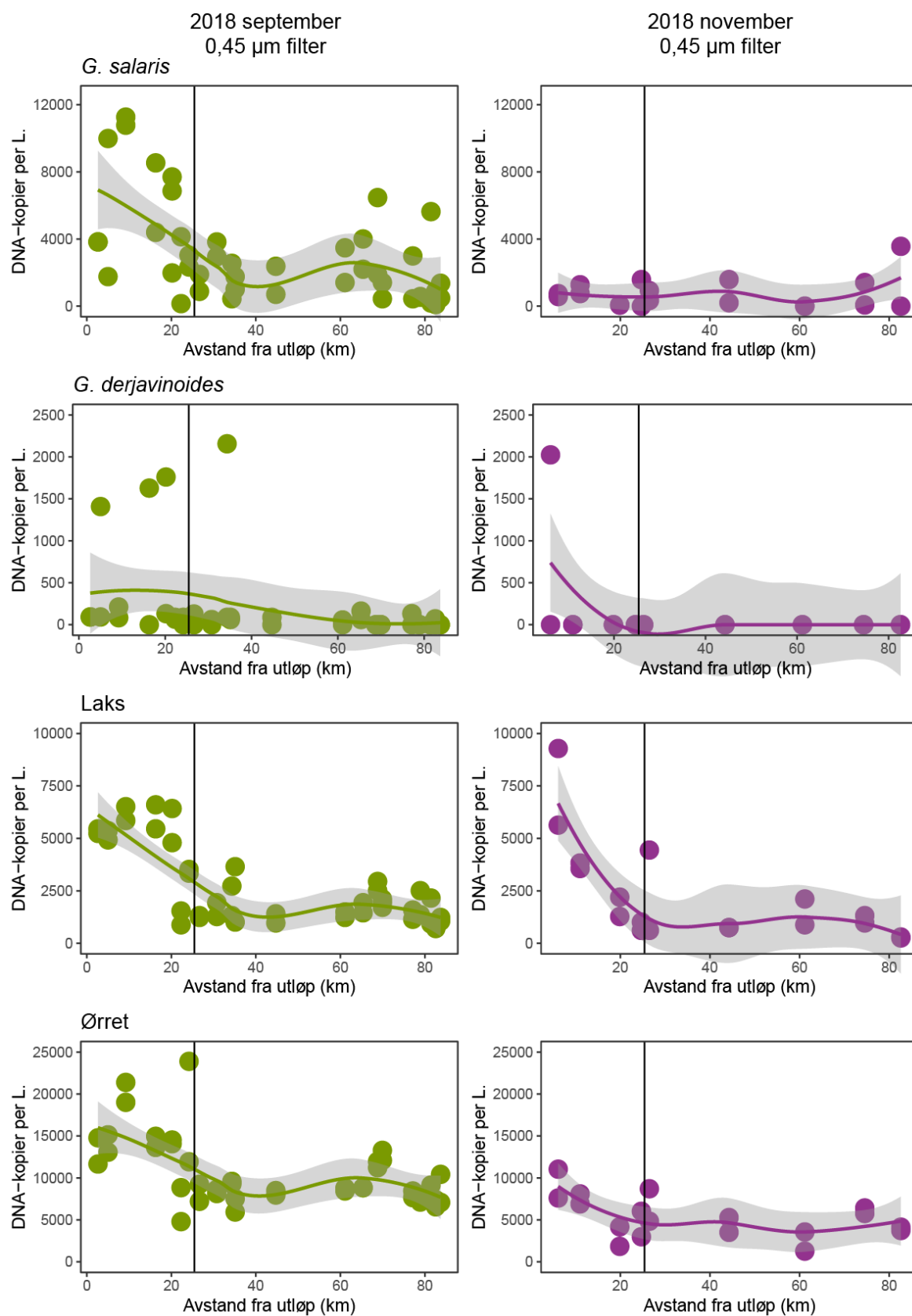
Figur 4. Sammenligning av 0,45 μm cellulosefilter og 2,0 μm glassfiberfilter innsamlet i september 2017. Legg merke til at aksene er forskjellige mellom filtertypene. Den vertikale linjen angir plasseringen av fiskesperra ca. 26 km fra utløpet.



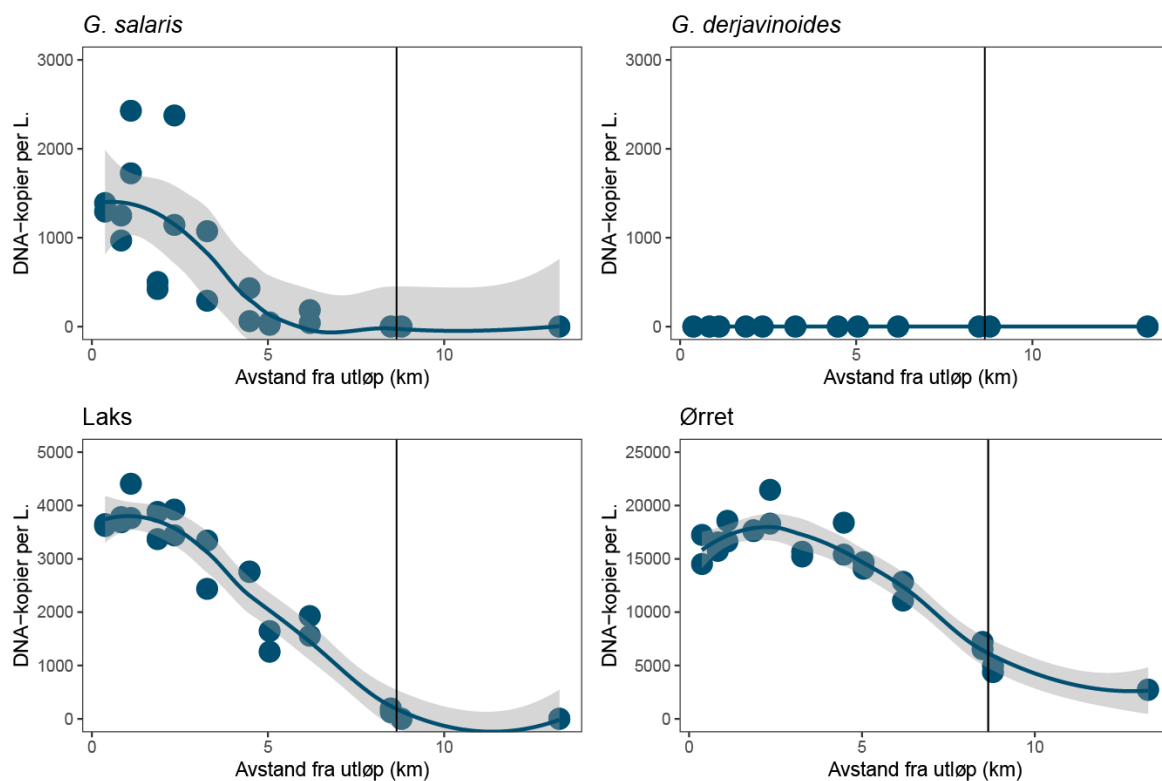
Figur 5. Sammenligning av 0,45 µm cellulosefilter og 2,0 µm glassfiberfilter innsamlet i september 2018. Legg merke til at aksene er forskjellige mellom filtertypene for *Gyrodactylus* artene. Den vertikale linjen angir plasseringen av fiskesperra ca. 26 km fra utløpet.



Figur 6. Sammenligning av prøver innsamlet i november 2017 og november 2018. Den vertikale linjen angir plasseringen av fiskesperra ca. 26 km fra utløpet.



Figur 7. Sammenligning av DNA-konsentrasjon mellom prøver innsamlet i september og november 2018. Den vertikale linjen angir plasseringen av fiskesperra ca. 26 km fra utløpet.



Figur 8. DNA-konsentrasjoner i vannprøver innsamlet i Usma i september 2018. For hver stasjon ble to parallellprøver på 10 liter vann filtrert gjennom et 2,0 μ m glassfiberfilter. Den vertikale linjen angir posisjonen til den stengte fisketrappa ved Fallfossen, som i dag antas å fungere som et hinder for anadrom fisk. Stasjonen helt til høyre i figuren er ikke med på kartet i **Figur 3**, men denne prøven ble tatt like ved kraftverket ca. 13 km fra utløpet. Vi påviste verken laks eller *G. salaris* oppstrøms fisketrappa i denne studien.

4 Konklusjon

Resultatene fra denne undersøkelsen viser at miljø-DNA kan påvise både parasitter og verter i to infiserte elver og dermed kan være en egnet metode for overvåking av *G. salaris*. Mengden av miljø-DNA varierer mye mellom arter, elver og tidspunkt, men vi finner sammenlignbare resultater mellom år.

Vi fant ingen markant reduksjon i DNA-konsentrasjon av verken laks eller *G. salaris* fra 2017 til 2018, til tross for en reduksjon av antall laksunger. For de to fiskeartene øker DNA-konsentrasjonen markant nedstrøms sperra noe som antas å reflektere en større mengde fisk i dette området. Resultatene fra dette studiet antyder at miljø-DNA kan gi et semi-kvantitativt mål på relativ tetthet for både vert og parasitt.

DNA-konsentrasjonen av *G. salaris* var vesentlig høyere i september enn i november. Sannsynligheten for å påvise parasitten ved lave tettheter vil derfor være størst i september og vi anbefaler at videre undersøkelser gjøres i denne perioden for å kunne påvise parasitten med miljø-DNA.

Det noe grovere glassfiberfilteret på 2,0 µm som muliggjør filtrering av større vannvolumer viste seg å øke sannsynligheten for å påvise arten med lavest tetthet i dette studiet. Vi anbefaler derfor bruk av denne typen filter for påvisning av arter med forventet lav tetthet slik som trua arter og nyetablerte invasive arter.

5 Referanser

- Arnekleiv, JV, Rønning, L, Forseth, T, Fiske, P, Koksvik, J, Hindar, K & Kjærstad, G. 2010. Smoltundersøkelser i Driva 2005-2009. NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. Zool. Ser. 2010, 5: 1-55.
- Collins, CM, Kerr, R, McIntosh, R & Snow, M. 2010. Development of a real-time PCR assay for the identification of *Gyrodactylus* parasites infecting salmonids in northern Europe. *Diseases of Aquatic Organisms* 90(2): 135-142.
- Deiner, K & Altermatt, F. 2014. Transport distance of invertebrate environmental DNA in a natural river. *Plos One* 9(2).
- Doi, H, Inui, R, Akamatsu, Y, Kanno, K, Yamanaka, H, Takahara, T & Minamoto, T. 2017. Environmental DNA analysis for estimating the abundance and biomass of stream fish. *Freshwater Biology* 62(1): 30-39.
- Fossøy, F, Dahle, S, Eriksen, LB, Spets, MH, Karlsson, S & Hesthagen, T. 2017. Bruk av miljø-DNA for overvåking av fremmede fiskearter - utvikling av artsspesifikke markører for gjedde, mort og ørekyt. Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1299.
- Fossøy, F, Thaulow, J, Anglès d'Auriac, M, Brandsegg, H, Sivertsgård, R, Mo, TA, Sandlund, OT & T., H. 2018. Bruk av miljø-DNA som supplerende verktøy for overvåking og kartlegging av fremmed ferskvannsfisk. Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1586.
- Fossøy, F, Brandsegg, H, Sivertsgård, R, Pettersen, O, Sandercock, BK, Solem, Ø, Hindar, K & Mo, TA. 2019. Monitoring presence and abundance of two gyrodactylid ectoparasites and their salmonid hosts using environmental DNA. *Environmental DNA* In review.
- Gustavson, MS, Collins, PC, Finarelli, JA, Egan, D, Conchúir, RÓ, Wightman, GD, King, JJ, Gauthier, DT, Whelan, K, Carlsson, JEL & Carlsson, J. 2015. An eDNA assay for Irish *Petromyzon marinus* and *Salmo trutta* and field validation in running water. *Journal of Fish Biology* 87(5): 1254-1262.
- Hindar, A, Garmo, Ø, Hagen, AG, Hytterød, S, Høgberget, R, Moen, A & Olstad, K. 2015. Treatment with AIS to eradicate the salmon parasite *Gyrodactylus salaris* in River Lærdalselva in 2011 and 2012. Norwegian Institute for Water Research Report 6701-2014.
- Hytterød, S, Darrud, M, Johansen, K, Larsen, S, Mohammad, SN, Hansen, H & Larsen, S. 2018. The surveillance programme for *Gyrodactylus salaris* in Atlantic salmon and rainbow trout in Norway 2017. Norwegian Veterinary Institute Annual Report.
- Rice, CJ, Larson, ER & Taylor, CA. 2018. Environmental DNA detects a rare large river crayfish but with little relation to local abundance. *Freshwater Biology* 63(5): 443-455.
- Robertsen, G, Solem, Ø, Aalbu, F, Pettersen, O & Havn, TB. 2019. Ungfiskundersøkelser i Drivavassdraget. Årsrapport 2018. Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1626.
- Solem, Ø, Bremset, G, Aronsen, T, Kraabøl, M, K., O & Aalbu, F. 2017. Fiskeundersøkelser i Drivavassdraget. Sammenstilling av resultater fra perioden 1977-2015. Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1237.
- Solem, Ø, Aalbu, F & Mo, T. 2018. Ungfiskundersøkelser i Drivavassdraget. Årsrapport 2017. Norwegian Institute for Nature Research NINA Rapport 1417.
- Solem, Ø, Havn, TB, Karlsson, S, Bergan, MA, Hindar, K, S., S & Pettersen, O. 2019. Ungfiskundersøkelser i Usma (Sunndal) høsten 2018. Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1620.

- Spens, J, Evans, AR, Halfmaerten, D, Knudsen, SW, Sengupta, ME, Mak, SST, Sigsgaard, EE, Hellström, M & Yu, D. 2017. Comparison of capture and storage methods for aqueous microbial eDNA using an optimized extraction protocol: advantage of enclosed filter. *Methods in Ecology and Evolution* 8(5): 635-645.
- Taugbøl, A, Dervo, BK, Sivertsgård, R, Brandsegg, H & Fossøy, F. 2018. Bruk av miljø-DNA til overvåkning av små- og storsalamander. Norsk institutt for naturforskning NINA-Rapport 1476.
- Tillotson, MD, Kelly, RP, Duda, JJ, Hoy, M, Kralj, J & Quinn, TP. 2018. Concentrations of environmental DNA (eDNA) reflect spawning salmon abundance at fine spatial and temporal scales. *Biological Conservation* 220: 1-11.

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: 978-82-426-3384-2

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

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger