



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 60 stp

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Parasittfauna i ørret (*Salmo trutta*) i innsjøer på og rundt Hardangervidda

The parasite fauna of brown trout (*Salmo trutta*) in
lakes on and around the Hardangervidda
mountain plateau

Ola Myklegard Aarnes og Ivar Sommer Os

Master i naturforvaltning

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet ved Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven er en avslutning for våre to år som naturforvaltningsstudenter i Ås.

Først og fremst vil vi gi en stor takk til våre veiledere, professor emeritus Reidar Borgstrøm og professor Thrond O. Haugen som har bidratt med gode innspill, diskusjoner og rettelser underveis i skriveprosessen, i tillegg til god hjelp/veiledning under den første feltperioden på Litlos.

Vi vil også gi en stor takk til alle entusiastene som har fisket for oss, Jan Heggenes i Møsvatn, Jon Ivar Finnekåsa i Tinnsjø, Ottar Lamo i Vetlavatn, Nils og Marita Garen i Skiftessjøene, Karl Johan Holmberg i Røldalsvatn, Elias og Amund Løyning i Løyningsvatn, samt Vilhelm Håvardrud og sønnen som fisket for oss i Langesjøen. Vi takker også Ullensvang fjellstyre og Eidfjord fjellstyre for tillatelse til garnfiske i de respektive statsallmenningene. I tillegg, takk til professor emeritus Tor Bakke som hjalp oss med identifisering av nyreikten *Phyllodistomum umblae*.

Institutt for naturforvaltning
Universitet for miljø- og biovitenskap
Ås, mai 2023

Ola Myklegard Aarnes

Ivar Sommer Os

Sammendrag

Forekomsten av parasitter i ørret *Salmo trutta* på Hardangervidda er lite dokumentert, derfor er hovedmålet med denne oppgaven å kartlegge parasittfaunaen hos ørret i noen av hovedvassdragene på og rundt Hardangervidda, og i tillegg registrere infeksjonsintensitet, prevalens og den relative tettheten (abundans) for å kvantifisere effekten av geografiske og biologiske drivere for de ulike parasittartene.

Det ble totalt undersøkt 145 ørret som var fanget med garn og fiskestang i 16 vatn spredd utover Hardangervidda, i perioden juni, juli og august 2022. All ørret ble undersøkt for parasitter i øyne, gjeller, bukhule, tarmsystem og nyre, og antall individer talt opp, bortsett fra de to bendelmakkartene *Eubothrium crassum* og *Proteocephalus sp.* som kun ble registrert som til stede eller ikke, fordi mange individer manglet scolex og var i tillegg sterkt oppdelte.

Totalt ble det funnet 11 parasittarter i hele materialet. Arten med den høyeste prevalensen (78,6 %) var *Diplostomum sp.* som forekom i de aller fleste vatna. Mens artene *Cyathocephalus truncatus* og *Eustrongylides sp.* hadde den laveste prevalensen, og ble bare funnet i et fåtall av de undersøkte vatna. Den geografiske forekomsten av parasittartene som hadde fugl som endelig vert var noe tilfeldig, mest sannsynlig fordi tilstedeværelsen av fugl ved de ulike vatna antas å være en av de viktigste betingelsene for parasittens utbredelse. Bendelmakkene *Proteocephalus sp.* og *Eubothrium crassum* forekom ikke i samme vatn, bortsett fra i Røldalsvatn hvor begge artene ble observert.

Det ble funnet at parasittarter som lever i ørretvertene over lengre tid, hadde jevnt over en positiv sammenheng mellom alder og infeksjonsintensitet. Det var for øvrig store variasjoner i infeksjonsintensitet i de ulike vatna for de forskjellige parasittartene, noe vi kunne koble til variasjon i tilstedeværelsen av parasittartenes verter og ørretens bestandstetthet.

Et overraskende funn var at vatn som tidligere har blitt erklært fisketomme og fått utsatt yngel fra klekkeri, var infisert med bendelmakkarten *Proteocephalus sp.*. Denne arten har ørret som endelig vert, og spres kun ved at infisert ørret fra et annet vatn er blitt sluppet ut i det antatt fisketomme vatnet. Dette kan tyde på at vatn som tidligere var erklært fisketomme ikke har vært det. De kan ha blitt erklært fisketomme fordi det i perioden forut for dette hadde vært mange snørike vintere som kan ha ført til liten eller ingen rekruttering, og dermed svært få ørret til stede.

Abstract

The occurrence of parasites in brown trout *Salmo trutta* on the mountain plateau Hardangervidda in southwestern Norway are poorly documented, and underlying processes and drivers behind their distribution are poorly understood as well. The main objective of this thesis was to map the parasite fauna in brown trout inhabiting some of the main watercourses on this mountain plateau and its perimeter. In addition to this, we have explored and quantified effects of drivers that can predict the various parasite species' infection intensity, prevalence, and abundance.

A total of 145 brown trout caught by gillnets and rod-and-reel in 16 lakes during June, July, and August 2022, and examined for parasites. Eyes, gills, buccal cavity, stomach, intestine, and kidney were inspected for parasites, and individuals counted if feasible. For species which such counting was not feasible, presence/absence was noted only (*Eubothrium crassum* and *Proteocephalus sp.*).

A total of 11 parasite species were found. The species with highest prevalence (78,6 %) was *Diplostomum sp.* which occurred in most of our studied lakes, while the species *Cyathocephalus truncatus* and *Eustrongylides sp.* had the lowest prevalence and was only found in one to two lakes. The geographic distribution of parasites whose definitive hosts are birds was rather fortuitous, since the presence of birds at the various lakes probably is one of the most important components for these parasite's dispersal. The tapeworms *Proteocephalus sp* and *Eubothrium crassum* occurred mainly allopatrically, except in the lake Røldalsvatn, where both species were observed.

Infection severity increased with host age for parasite species that spend longer durations within their brown trout hosts. In addition, the infection severity of the various parasite species varied greatly across the lakes, which may be linked to the presence of the parasite species' hosts and the density of the trout population.

A surprising result in our study was that brown trout in lakes that previously were declared fish-free, and in which fry of brown trout had been stocked from hatcheries, harboured the parasite *Proteocephalus sp.* This species has brown trout as its definitive host and is only spread when infected trout is released into the supposedly fishless lake, or that the lake never was fish-free at time of stocking. However, these lakes were declared fish-free after a period

with very snow rich winters which might have resulted in poor trout recruitment and a very low brown trout density.

Innhold

Forord.....	ii
Sammendrag.....	iv
Abstract.....	v
1. Innledning.....	1
2. Metode og Materiale	4
2.1 Områdebeskrivelse.....	4
2.2 Innsamling av ørret.....	5
2.3 Metode.....	6
2.4 Diettanalyse.....	7
2.5 Parasittundersøkelse	7
2.6 Identifisering og livssyklus for parasitter funnet i ørreten	10
2.6.1 Trematoda	10
2.6.2 Cestoda	12
2.6.3 Nematoda	15
2.7 Aldersbestemmelse	16
2.8 Statistiske parametere.....	18
2.9 Statistisk analyse.....	19
3. Resultater	21
3.1 Alder og lengdefordeling av undersøkt ørret.....	21
3.2 Ørretens diett.....	23
3.3 Parasittfaunaen.....	24
3.3.1 <i>Phyllodistomum umblae</i>	25
3.3.2 <i>Diplostomum sp.</i>	28
3.3.3 <i>Crepidostomum farionis</i> & <i>C. metoecus</i>	31
3.3.4 <i>Eubothrium crassum</i> & <i>Proteocephalus sp.</i>	37
3.3.5 <i>Dibothriocephalus sp.</i>	43
3.3.6 <i>Cyathocephalus truncatus</i> & <i>Eustrongylides sp.</i>	45
4. Diskusjon.....	46
5. Konklusjon.....	54
Referanseliste.....	55
Appendix	63

1. Innledning

Ferskvannsfisk kan både være vert og mellomvert for en lang rekke parasittarter, innen grupper som haptormark, ikter, bendelmark, hoppekreps, rundmark, krassere, igler m.m. (Halvorsen, 2000; Vik, 1961). Mange av disse parasittiske gruppene er også funnet i ørret *Salmo trutta* (Kennedy, 1978; Lien & Borgstrøm, 1973; Thomas, 1964). Når ørret er mellomvert for en parasittart og endelig vert er fugler, vil slike parasittarter overføres til nye lokaliteter av fugl. Ellers er vertens diett og dens bruk av ulike habitat nøkkelfaktorer i livssyklusen til fiskeparasitter som overføres gjennom mellomverter (Kennedy, 1975; Knudsen, 1997). Teoretisk kan ørretparasitter som har flyvende insekter som mellomvert, overføres fra et vatn til et annet. Når det mangler en obligatorisk mellomvert for en ørretparasitt i en lokalitet, betyr det at parasitten ikke kan etablere seg i denne ørretbestanden. Et eksempel på dette er marflomakken *Cyathocephalus truncatus*, som har marflo *Gammarus lacustris* som obligatorisk mellomvert (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964). Denne parasitten vil ikke forekomme i marflofrie innsjøer, men parasitten kan etablere seg i en ørretbestand dersom infiserte marflo blir satt ut (Vik, 1958). Ved forvaltning av ørretbestander er det derfor naturlig å ta hensyn til forekomst av parasitter og muligheter for å hindre eller regulere forekomsten av de ulike parasittartene.

Parasittinfeksjoner i fisk kan være klart negativt for enkeltindivider, for eksempel ved å gi nedsatt syn (Crowden & Broom, 1980), avmagring (Huitfeldt-Kaas, 1927; Vik, 1961) og økt dødelighet (Grimnes & Jakobsen, 1996). De fleste parasitter hos fisk bruker spesifikke virvelløse arter som mellomverter (Knudsen, 1997), og endringer i tettheten til slike mellomverter kan føre til endringer i parasittforekomst hos fisk. Når ørret er mellomvert for parasitter som primært har fiskeetende fugl som verter, kan også endringer i tettheten til slike fiskeetende arter påvirke infeksjonsintensitet, prevalens og relativ tetthet av parasitter i ørretbestanden (Hatleli, 2012). Dessuten kan økning i fisketetthet føre til infeksjonsendringer, både fordi noen parasitter får større sannsynlighet for å komme i kontakt med ørret når bestanden er tett, og fordi noen evertebrater som fungerer som mellomverter, blir mer spist av ørreten (Nybelin & Vik, 1965). Et klassisk eksempel på sistnevnte er høye infeksjoner av parasittarter som har hoppekreps som mellomvert, når fiskebestanden er tett og slår over på zooplanktondiett (Amundsen, 1989).

Parasittenes fordeling i en fiskepopulasjon varierer i stor grad mellom individene i populasjonen. Antall parasitter og hvilke parasitter som forekommer hos fisk, varierer med

fiskens genetisk betinget evne til å bekjempe infeksjon, fiskens alder, størrelse og kjønn (Blanchet et al., 2010; Olk et al., 2020). I tillegg vil fiskens valg av oppholdssted og næring spille en viktig rolle for hvilke parasitter som forekommer (Knudsen, 1995; Knudsen et al., 1996). En større fisk vil mest sannsynlig ha en større infeksjonsintensitet enn de mindre fiskene om de har samme diett. Blant annet fordi en stor fisk har et større matinntak, og dermed økt risiko for å konsumere infiserte mellomverter. I tillegg til at den er eldre og antall parasittindivider kan ha blitt akkumulert over tid (Borgstrøm & Lien, 1973; Lien & Borgstrøm, 1973). I tillegg vil en større kroppsoverflate gjøre fisken mer utsatt for parasitter som lever på hud eller gjeller, og som kan trenge seg inn via hudoverflaten (Halvorsen & Andersen, 1984).

Utbredelsen til parasitter som forekommer på ørret i Norge var generelt lite kjent fram til 1993 (Bristow, 1993), og vi har heller ikke greid å finne mange publiserte arbeider gjennom de siste tjue årene på forekomst av parasitter på ørret her i landet. Vik (1958; 1963) studerte bendelmarkartene *Eubothrium crassum* og *C. truncatus* som har ørret som endelig vert. Han undersøkte noen enkeltområder i Sør-Norge (Rogaland og Agder), men han hadde hovedsakelig lokaliteter på Østlandet, i Trøndelag og i de nordligste fylkene. Bendelmarkarten *Proteocephalus sp.* som også har ørret som vert, ser ut til å være vanlig i Sogn og Fjordane, Hordaland, samt enkelte fjellvatn i Oppland og Telemark (Borgstrøm & Lien, 1973). Utbredelsen av iktene *Crepidostomum spp.* og *Diplostomum sp.* hos ørret i Norge er lite studert, og de fleste studiene er gjennomført i nordlige deler av landet (Kuhn et al., 2016b; Skogsholm, 1990; Slåteng, 2022). De to bendelmakkartene *Dibothriocephalus ditremus* (fiskandmark) og *Dibothriocephalus dendriticus* (måkemark) har ørret som mellomvert og fiskespisende fugl som lommer, fiskender og måker som endelig vert (Hickey & Harris, 1947; Lühe, 1910; Vik, 1964). Det vil si at disse parasittartene kan bli spredd til nye lokaliteter av infiserte fugler.

Fra Hardangervidda foreligger det tilnærmet ingen opplysninger om parasittforekomst på ørret, på tross av at ørreten her er av svært stor verdi, både for sportsfiske, husbehovsfiske og næringsfiske (Anon., 1974; Qvenild, 2004). Ørreten på Hardangervidda ble mest trolig etablert etter utsetting som teoretisk kan ha skjedd fra både østlige vassdrag som Numedalslågen og Skiensvassdraget, og fra vassdrag i vest og sør. Ved Langesjøen og Halne, som begge hører til Numedalslågen, er det funnet opptil 7000 år gamle ørretbein i steinaldermøddinger (Indrelid, 2014). Det er derfor høyst sannsynlig at det har vært ørret på Hardangervidda i minst 7000 år. Det er ikke funnet tilsvarende dokumentasjon på vestre deler av Hardangervidda, men det er sannsynlig at det var tidlige ørretetableringer her også. Det var blant annet rettstvist om ørretfisket i Bjørnavatna på 1700-tallet, og det stod da gamle steinbuer der brukt til jakt og fiske

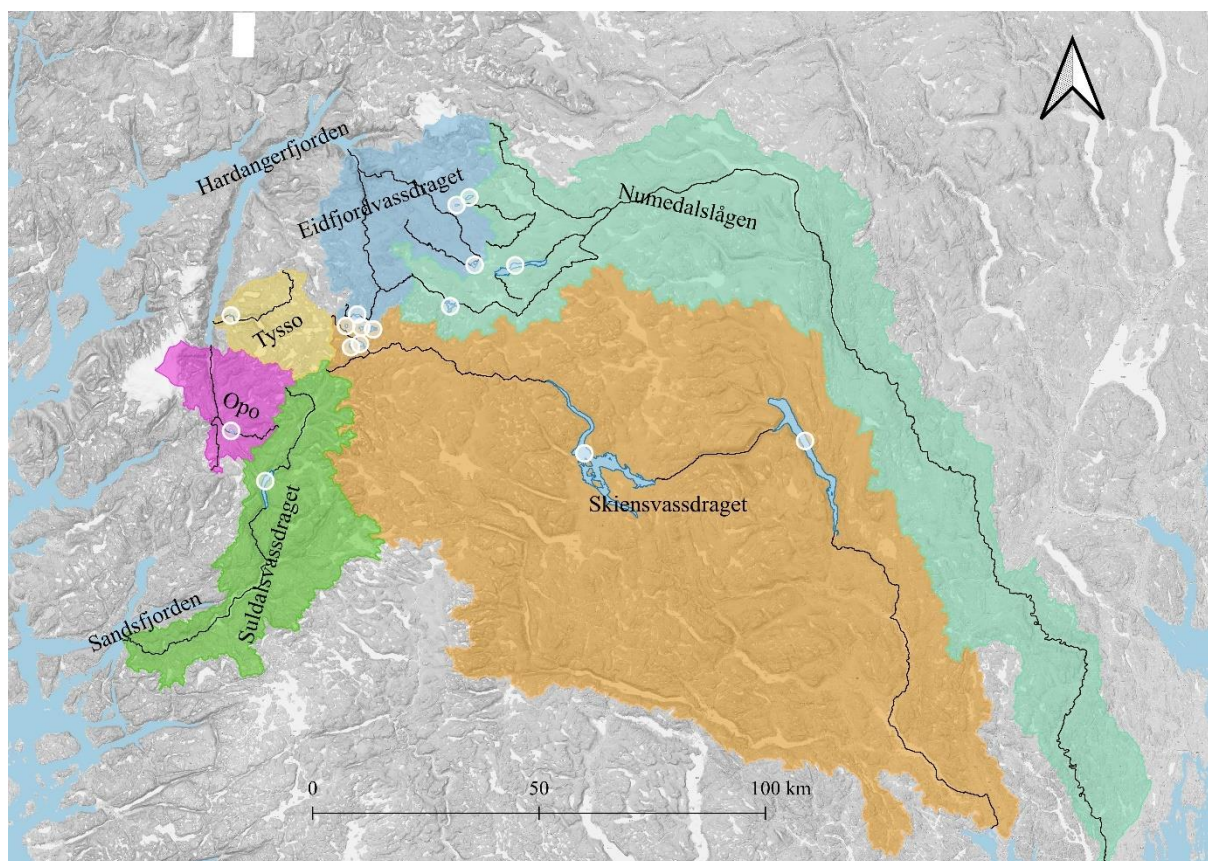
(Vaa, 2009). Bjørnavatna ligger i en sidegren til Kvenna som renner ut i Møsvatn hvor det har vært folk helt fra steinalderen, slik det har vært over store deler av Hardangervidda (Indrelid, 2014; Kostveit, 2007). Avhengig av hvor ørreten kom fra, kan det derfor være forskjeller i parasittfaunaen i de ulike vassdragene inne på Vidda. I tillegg kjenner vi til flere fiskeutsettinger i antatt fisketomme innsjøer i nyere tid (Borgstrøm, 2016a; Eitrheim, 1941; Sekse, 2005). Parasittfaunaen hos ørret i enkelte lokaliteter kan kanskje avsløre noe om utsettingshistorie og innvandringsveier.

Siden parasittfaunaen hos ørret på Hardangervidda nærmest er et helt ukjent kapittel, har det vært et hovedmål å kartlegge denne faunaen i noen av hovedvassdragene på Vidda, og i lokaliteter i randområder både i vest og øst. Vi forventer at artsforekomster kan være bestemt av geografisk beliggenhet. Prevalens, infeksjonsintensitet og relativ tetthet (abundans) av en parasittart kan være positivt korrelert med fiskens alder/lengde, hvor det også forventes at det vil være en forskjell mellom kjønnene. I innsjøer som har vært erklært fisketomme hvor det i senere tid er satt ut ørrettyngel fra settefiskanlegg, forventes det at ørreten kun vil være infisert med parasitter som har fugl som endelig vert.

2. Metode og Materiale

2.1 Områdebeskrivelse

Hardangervidda ligger i de gamle fylkene Hordaland, Buskerud og Telemark og har et areal på rundt 8000 km² (Thorsnæs, 2023), og er det største høyfjellsplatået i Europa. Her finnes det flere tusen innsjøer og elver som danner øvre deler av Numedals- og Skiensvassdraget, samt vassdrag som renner mot sørvest og vest via Suldals-, Opo-, Tysso-, Kinso-, Veig- og Bjoreiovassdraget (Figur 1). I tillegg er det noen mindre vassdrag helt vest som renner ut i Sør fjorden og Hardangerfjorden. I vest stiger landskapet bratt opp mot viddeplatået som ligger over tusen meter over havet. Det skaper store fossefall, noe som har gjort det ufremkommelig for ørret å vandre inn til Hardangervidda ved egen hjelp fra vassdragene i vest og sørvest. Også i de østrennende vassdragene er det høye fossefall som hindrer oppvandring av fisk.



Figur 1: Oversiktskart over de ulike vassdragene som renner ned fra Hardangervidda.

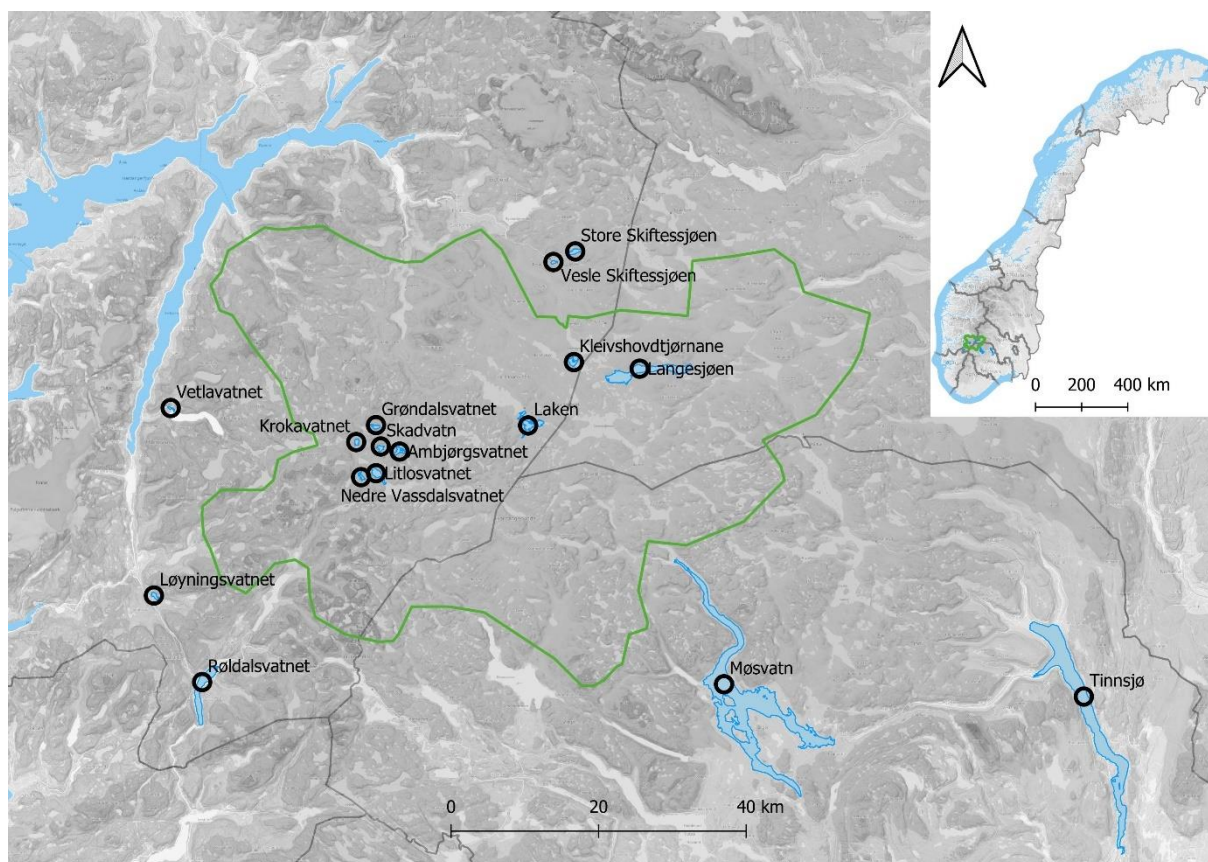
På Hardangervidda er det store forskjeller i vinternedbør, med som regel langt mer nedbør i vest enn i øst. I vest har snødybden om våren i mange av de siste 30 årene ligget mellom 2 til 4 m. I de østlige delene av Hardangervidda ved Langesjøen har den gjennomsnittlige snødybden ligget

på 1 til 1,5 m (SeNorge, u.å.). På grunn av mer snø på den vestlige siden av vidda, bidrar dette til at isløsning er langt senere enn på østlige deler. Vekstsesongen for ørret blir dermed kortere i vest enn vatn lengre øst på Vidda (Borgstrøm, 2001; Rognerud et al., 2003).

Det er flere fiskeetende fuglearter påvist på Vidda, med blant annet storskarv *Phalacrocorax carbo*, storlom *Gavia arctica*, fiskemåke *Larus canus* og fiskender (Byrkjedal & Håland, 1985; Hjeljord, 2021). Også hegre *Ardea cinerea* forekommer (Borgstrøm pers. medd.). De vanligste av disse er fiskemåke, storlom og fiskender. Under vårt eget feltarbeid ble fiskemåke observert ved alle de undersøkte vatna (åtte vatn). Fiskender ble i tillegg observert ved Langesjøen og Kleivshovdtjørn. Før vårt feltarbeid i Litlosvatn i slutten av juli ble det sett ni storlom samtidig i dette vatnet tidlig i måneden (Viskjer pers. medd.)

2.2 Innsamling av ørret

Vår parasittundersøkelse er basert på ørret fra 16 innsjøer på eller rundt Hardangervidda (Figur 2). Lokalitetene ligger i kommunene Eidfjord (4), Ullensvang (9), Nore Uvdal (1), Vinje (1) og Tinn (1). Vi fisket selv i åtte av lokalitetene, mens vi fikk materiale fisket av andre fra de resterende lokalitetene.



Figur 2: Oversiktskart over de 16 undersøkte vatna på og rundt Hardangervidda.

Feltarbeidet ble inndelt i to perioder i 2022. Første periode var fra 26. juli til 2. august, med ørretfangst i Litlosvatnet, Skadvatn, Krokavatnet, Midtre Grøndalsvatnet og Ambjørgsvatnet. Siste periode i felt foregikk fra 9. august til 15. august, med ørretfangst i Kleivshovdtjørn, Laken og Langesjøen. I Langesjøen fisket vi ikke selv, men fikk kjøpt fisk av grunneier (Vilhelm Håvardrud) som driver næringsfiske for produksjon av rakfisk der (Figur 3). All egeninnsamlet fisk ble undersøkt i felt. Fra de resterende vatna som inngår i undersøkelsen, fikk vi frossen ørret som seinere ble tint og undersøkt på laboratoriet på instituttet. Ørret tatt på garn i Løyningsvatn (Opovassdraget) og på stang i Nedre Vassdalsvatn (Kvennavassdraget) ble undersøkt i felt av en av våre veiledere (Borgstrøm).

2.3 Metode

Under eget feltarbeid ble ørreten hovedsakelig fanget med garn, men supplert med stangfiske i Krokavatn. Den fisken vi fikk av andre var fanget på garn i Løyningsvatn, Vetlavatn, Skiftessjøen, Vetle Skiftessjøen, Langesjøen, Møsvatn og Tinnsjø, og tatt på stang i Røldalsvatn. Ved eget garnfiske brukte vi flere maskevidder, mellom 22,5 og 35 mm, for å få fanget fisk med ulik størrelse og alder.



Figur 3: Langesjøen er en privateid innsjø, dermed ble ørreten fra denne innsjøen levert av Vilhelm Håvardrud og hans sønn.

Garna ble plassert i områder hvor det var forventet å få fisk. I de vatna hvor båt ikke var tilgjengelig, ble garna dratt ut med tau over mindre bukter (Krokavatn og Kleivshovdtjørn). På Langesjøen kunne vi ikke fiske selv og fikk derfor fisken levert når vi ankom innsjøen (Figur 3). Totalt undersøkte vi 145 fisk. Fra eget fiske plukket vi ut 10 ørret i forskjellig størrelsesspenn for parasittundersøkelse fra hvert vatn, bortsett fra i Litlosvatn hvor 15 fisk ble undersøkt. Fra de vatna som vi ikke fiska selv, ble all mottatt ørret undersøkt.

Fra all prøvetatt ørret ble innsjønavn, dato, nummer på fisk, vekt, lengde, kjønn, farge og stadium på fisken notert på skjellkonvolutt. Otolitt- og skjellprøvene ble lagt i konvolutten for seinere aldersbestemmelse i laboratorium.

Fisken ble veid til nærmeste gram, og lengden målt i cm fra snutespissen til ytterste del av sporden (totallengden). Kjøttfargen ble vurdert til hvit, lyserød eller rød. Vurdering av fiskens kjønnsstadier ble gjort etter metoden til Dahl (1917), hvor fisken ble inndelt etter stadiene I til VII, der I er umoden fisk og VII er utgytt fisk (Figur 4).



Figur 4: Denne hannørreten er gyteklar, og får stadiet V.

2.4 Diettanalyse

Alt mageinnhold på de undersøkte fiskene ble tatt ut, og lagt i en samleprøve fra hvert vatn, og konserverte på etanol for senere undersøkelser på laboratoriet.

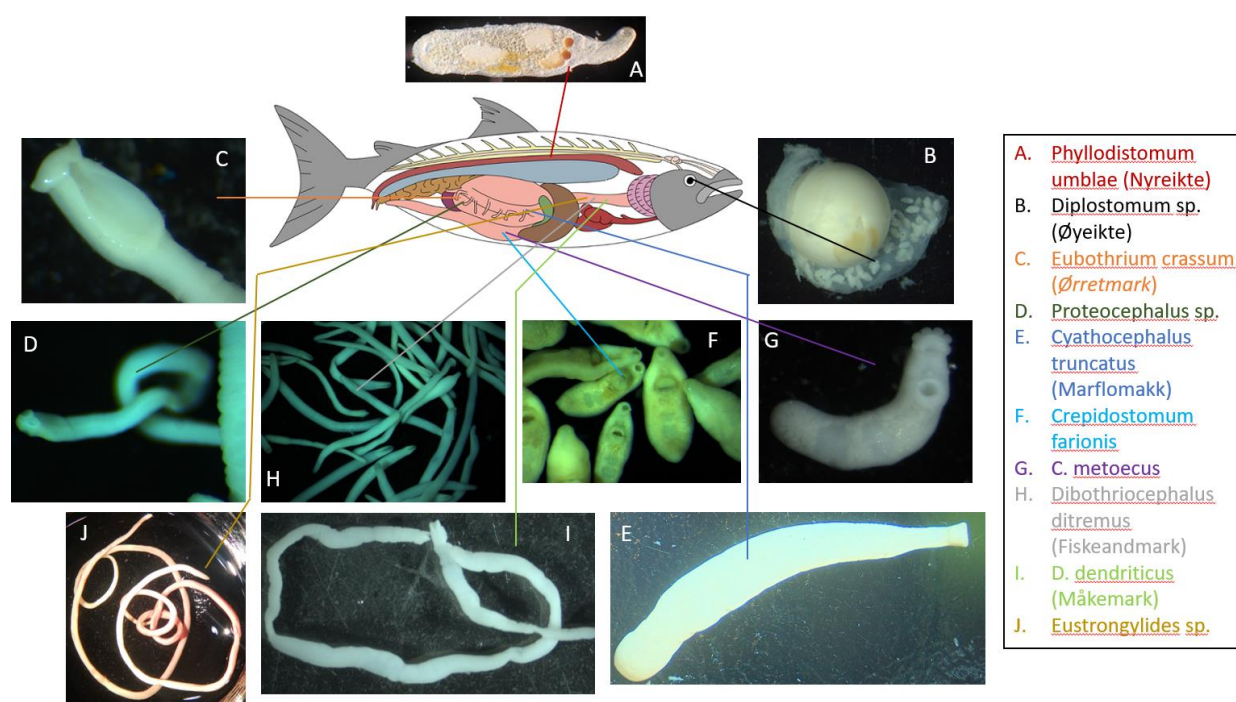
Her ble mageinnholdet sortert under stereolupe til art eller høyere taxonomisk gruppe. De ulike byttedyrkategoriene ble plukket ut og lagt i egne glass for å få målt, volum av hver kategori. Deretter kunne, volumprosenten av hver byttedyrkategori bli beregnet. Landlevende evertebrater i mageinnholdet ble samlet registrert som terrestrisk føde.

2.5 Parasittundersøkelse

Følgende organer fra hver fisk ble undersøkt for parasitter: ett øye, gjeller, spiserør, mage, pylorusregion, resten av tarmen, samt nyrestrengen (Figur 5). I tillegg ble bukula inspisert. Alle gjellebuene ble klippet løs, lagt i petriskål med vatn, og undersøkt uten lupe i felt. Samme prosedyre ble benyttet på fisk som hadde vært frosset, men da ble gjellene undersøkt under stereomikroskop. De enkelte parasittartene/gruppene ble lagt i egne petriskåler med vatn, og etter en tid overført til tuber eller dramsglass med etanol ved hjelp av pipette eller pinsett. På etiketten ble det notert innsjø, fiskenummer, dato, og organ parasitten ble funnet i.

Uten mikroskop var det ikke mulig å få undersøkt om fiskene hadde parasitten *Diplostomum* sp. i øyet. Derfor ble ett øye fra hver fisk lagt i eget dramsglass med etanol, for senere undersøkelse på laboratoriet. Her ble hornhinnen snittet av med skalpell, slik at det ble mulig å telle antall individer av *Diplostomum* sp. som lå plassert i vevet rundt linsa. For fisk som hadde vært fryst, var det mer utfordrende å anslå antall individer av *Diplostomum* sp., siden øyet delvis hadde tørket inn.

Plerocercoidlarver av *Dibothriocephalus ditremus* og *D. dendriticus* ble i hovedsak funnet i cyster utenpå fiskens spiserør og magesekk (Figur 5). For å få parasittene ut av cystene ble det stukket hull på cystene, og parasittene ble klemte ut med pinsett. Noen plerocercoidlarver lå løst i bukula. Etter at alle individene var plukket ut og lagt i petriskål med vatn, ble de talt opp og deretter konserverert i etanol.



Figur 5: Oversikt over hvor i ørreten vi fant de ulike parasittartene.

Tarmen ble klipt opp og innholdet klemte ut og lagt i egen petriskål, hvor individer av *Proteocephalus* sp. ble plukket ut først, og deretter ble innholdet i petriskålene grundig sjekket for ikter. Iktene *Crepidostomum farionis* og *C. metoecus* ble funnet både i fiskens tarm og i pylorusregion. I Island fant Faltýnková et al. (2020) to nye *Crepidostomum*-arter; *C. brinkmanni* og *C. pseudofarionis*, ved hjelp av rDNA analyser. Disse to artene har også blitt funnet i Nord-Norge (Slåteng, 2022), men grunnet mangel på analyseverktøy blir disse to artene ikke forsøkt bestemt i vår undersøkelse. I vårt materiale har vi kun bestemt *C. farionis* og *C.*

metoecus basert på beskrivelsen gitt av (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964; Faltýnková et al., 2020), men vi er klar over at en eller begge de to andre artene også kan forekomme.

Nyrestrengen ble kuttet på tvers på flere steder, og innholdet presset ut, og eventuelle ikter tatt ut. Nyreikten *Phyllodistomum umblae* ble funnet i både i nyrestreng og urinblære hos flere individ.

Bendelmakkartene *Eubothrium crassum*, *Proteocephalus* sp. og *Cyathocephalus truncatus* ble funnet i pylorusregionen (Figur 6), og i tillegg ble individer av *Proteocephalus* funnet i tarmen hos noen fisk. Individer som lå løst i pylorus ble plukket ut med én gang, mens hele pylorus ble lagt i vatn over natten, for at eventuelle scolex skulle løsne festet i blindsekkene (Figur 6). Disse artene ble kun registrert som til stede i fisken. De ble ikke talt opp på grunn av at en stor del av makkene var uten scolex, noe som gjorde at vi ikke med 100% sikkerhet kunne fastslå antallet av de forskjellige makkene.

I felt var det kun pleroceroïd larver av *Dibothriocephalus* spp. som ble telt opp. De andre parasittgruppene ble telt på laboratoriet, med unntak av bendelmakkene fra tarmen. Disse ble kun notert som til stede/ikke til stede. Undersøkelse og innsamling av parasitter fra ørreten i felt foregikk i friluft som vist i figur 7.



Figur 6: *Proteocephalus* sp. festa i pylorus på ørret fra Litlosvatn. Foto: Reidar Borgstrøm.



Figur 7: Ørreten ble nøye sjekket for parasitter i 'feltlaboratoriet' ved Litlos turisthytte, med god hjelp av våre to veiledere.

2.6 Identifisering og livssyklus for parasitter funnet i ørreten

For identifisering av de enkelte parasittartene benyttet vi Bakke (1984; 1988); Borgstrøm (2021); Bykhovskaya-Pavlovskaya (1964); Crowden og Broom (1980); Faltýnková et al. (2020); Kearns (1998); Lien og Borgstrøm (1973); Vik (1958).

2.6.1 Trematoda

Trematoda er en klasse av strengt parasittiske flatormer, med komplekse livssykluser der det er minst to mellomverter, og ofte flere. I nesten alle tilfeller vil et bløtdyr (snegl og muslinger) være første mellomvert (Kearns, 1998), der asekseuell reproduksjon fram til cercaristadiet (infeksiøs larve) finner sted. I mange trematoder i ordenen Digenea skjer videreutviklingen av parasitten først når en passende endelig vert eter den delen av mellomverten som parasitten befinner seg i (Crowden & Broom, 1980).

En kort beskrivelse av de enkelte digene iktene vi fant, er gitt nedenfor, og i Tabell 1 der verter og mellomverter for de enkelte artene er presentert.

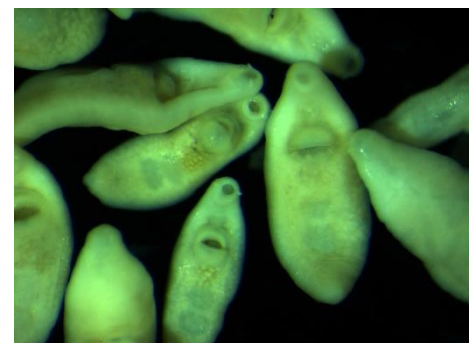
2.6.1.1 *Crepidostomum metoecus*

Kroppsstørrelsen er mellom 2,4-3,2 * 0,5-0,7 mm (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964). Denne ikten har en liten, langstrakt, slank kropp. Har fremtredende muskelpapiller, alle av samme størrelse i forhold til sugeskålen (Faltýnková et al., 2020).



2.6.1.2 *Crepidostomum farionis*

Kroppslengden er mellom 2-6 mm med en maksimal bredde på 1,5 mm. Den ventrale sugeskålen er større enn den orale. Ikten virker noe tykk i stereolupen, med en lys, hvit farge (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964; Faltýnková et al., 2020).



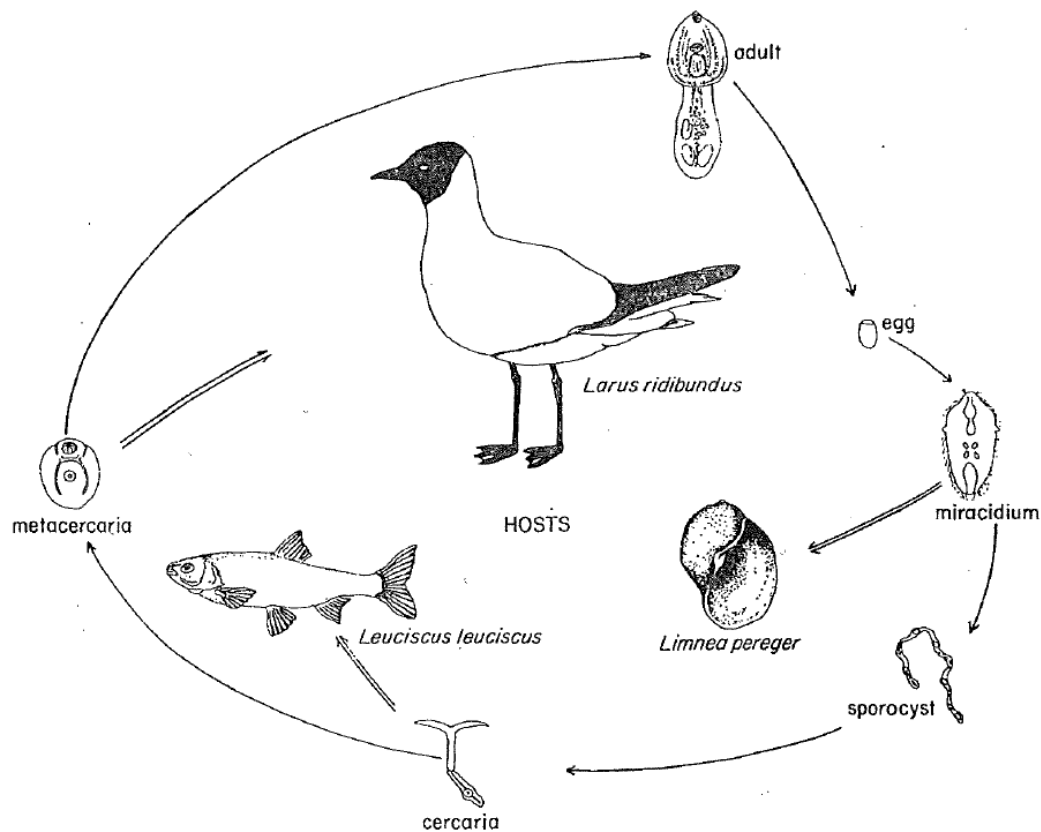
2.6.1.3 *Phyllodistomum umblae*

Kroppen til voksne individ er lett spatelformet og består av to deler; En subsylindrisk, terminalt avrundet fremre kropp (hals) som skiller seg fra den dorsoventrale, flate, bladrike bakkroppen i nivå med midten av den ventrale sugeskålen (Bakke, 1984).



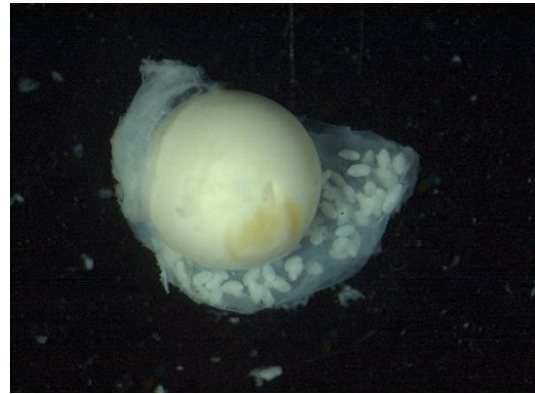
2.6.1.4 *Diplostomum sp.*

En larve av denne parasitten lever i linsen til flere ferskvannsfiskearter, hvor de voksne parasittene lever i måker og terner som har spist en parasittert fisk (Crowden & Broom, 1980; Karvonen et al., 2006). *Diplostomum*-eggene skilles ut fra vertens avføring og klekkes i vatn for å danne en miracidium-larve (Figur 8), som invaderer en snegl og utvikles videre til en sporocyste. Ved asekseuell formering skjer det en dannelse av et stort antall cercarielarver inni sporocysten. Disse cercariene forlater sneglen og, hvis de klarer å finne en passende vertsfisk, trenger de gjennom huden og vandrer til øynene, hvor de utvikler seg til metacercarier (Faltýnková et al., 2014).



Figur 8: Livssyklusen til *Diplostomum spathaceum* (Crowden & Broom, 1980). På bildet under sees mange metacercarier i hinnen rundt øyelinsen på en av de undersøkte ørretene.

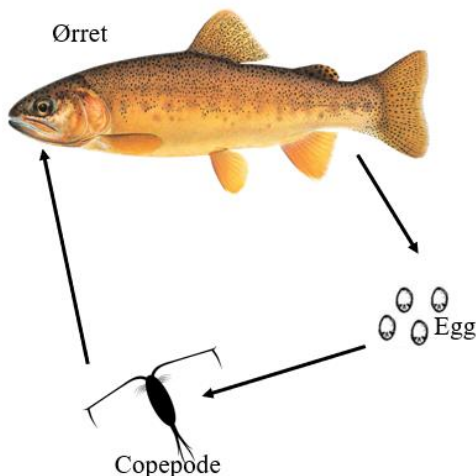
Kroppen er avlang/oval ($200 * 59 \mu\text{m}$), og er uten gule pigmenter. Fremre organet er bredt, hvor den bakre delen strekker seg og smalner inn. Den ventrale sugeskålen er rund (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964; Faltýnková et al., 2014).



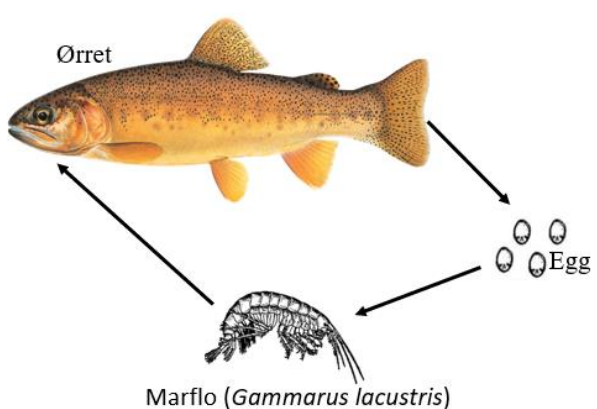
2.6.2 Cestoda

Cestoda (ofte kjent som bendelorm) er flate, segmenterte ormer i rekken Platyhelminthes (flatormer). De har komplekse livssykluser som involverer tre verter, hvor den første mellomverten er copepoder, den andre mellomverten er fisk og endelig vert er fiskeetende fugl, pattedyr eller annen fisk (Figur 9). Hos fisk finnes det juvenile cestodestadier (metacetoder) i indre organer eller muskler, hvor de voksne individene er i tarmen.

Proteocephalus sp & Eubothrium crassum



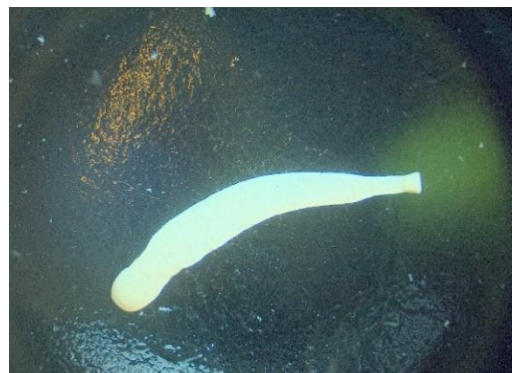
Cyathocephalus truncatus



Figur 9: Livssyklusen til *Proteocephalus sp*, *Eubothrium crassum* (til venstre) og *Cyathocephalus truncatus* (til høyre).

2.6.2.1 *Cyathocephalus truncatus*

Denne arten har et traktformet hode som ender i et enkelt sugehulrom. Som kjønnsmodne er ormene mellom 5-62 mm lange og 1-4 mm brede. Hodestørrelsen varierer fra $0,5-1,2 * 0,7-1,4 \text{ mm}$ (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964).



2.6.2.2 *Eubothrium crassum*

Strobila er 120-600 mm lang, 2,5-6,0 mm bred, og 1-2 mm tykk. Scolex ('hodet') er stor, relativt flatt, med tydelige sugeskåler på hver side (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964).



2.6.2.3 *Proteocephalus* sp.

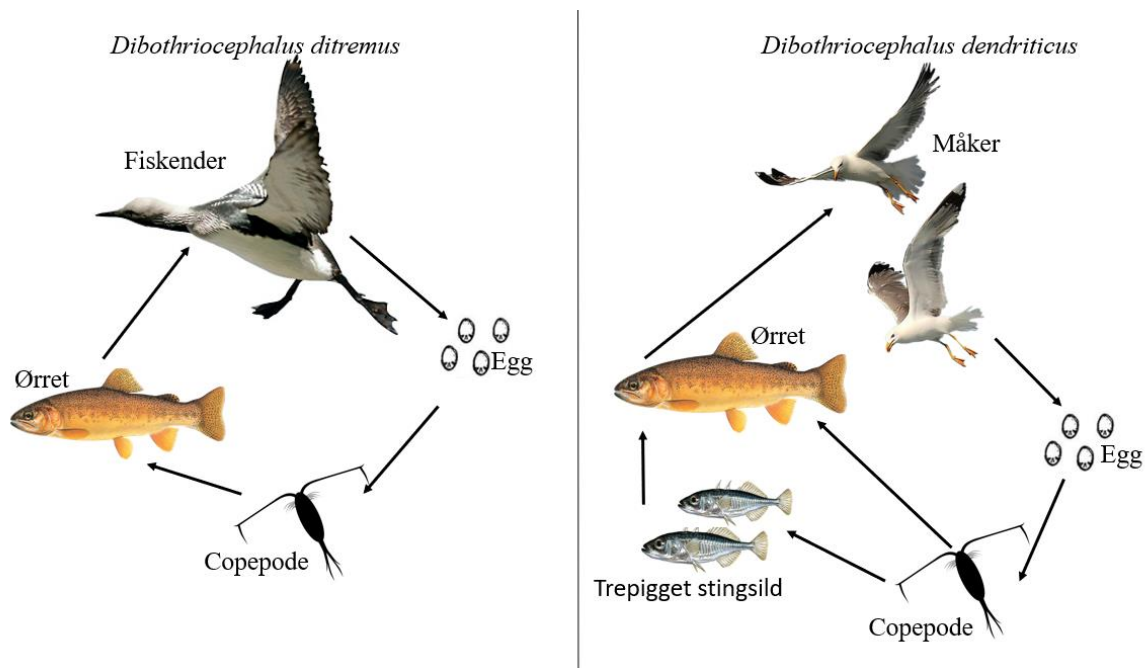
Strobila av kjønnsmodne individ når en lengde på omtrent 140 mm. Scolex ('hodet') har fire koppformede sirkulære sugere med diameter på 0,11-0,14 mm. Diameteren til den femte, terminale «sugeskåla» er 0,06-0,08 mm. Halsen er lang, med en lengde på opp til ca. 7,5 mm (Borgstrøm & Lien, 1973).



2.6.2.4 *Dibothriocephalus* sp.

For livssyklusen til *D. ditremus* (Figur 10) er endelig vert enten fiskender eller lommer (Hickey & Harris, 1947; Lühe, 1910; Vik, 1964). Disse er fisketende fugler, og *D. ditremus* utvikles til å bli kjønnsmoden i tarmen. De kjønnsmodne individene legger store mengder egg som kommer ut via fuglens avføring. Etter at eggene har havnet i vatna, klekkes de til fritt svømmende larver (*coracidium*) som kan bli spist av hoppekreps. Utviklingen til larvestadium (*procercoidstadium*) skjer i bukula til hoppekrepsen, og så dannes det cyster i bukula til ørreten som har spist infiserte hoppekreps. Her videreutvikler de seg til et tredje larvestadiet (*plerocercoidstadiet*). Når fiskender eller lommer eter disse infiserte ørretene, kan livssyklusen bli komplett (Borgstrøm, 2022).

D. dendriticus har tilsvarende livssyklus som *D. ditremus*, men her er det måkearter som er definitive verter. I tillegg er tre pigget stingsild en mellomvert (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964), og når infiserte stingsild plerocercoidlarvene overføres til ørreten (Borgstrøm, 2022).

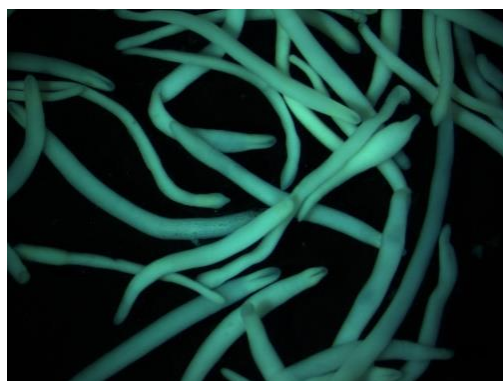


Figur 10: Livssyklusen til *Dibothriocephalus ditremus* og *D. dendriticus*.

Pleroceroïdlarvene til *D. dendriticus* har ruglete kropp. Larvene oppnår størrelse på 7-15 mm, men muligens helt opp til 45 mm under avspenning av musklene. Cephalic ende kjennetegnet ved dyp tverrgående innsnevring (Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964).

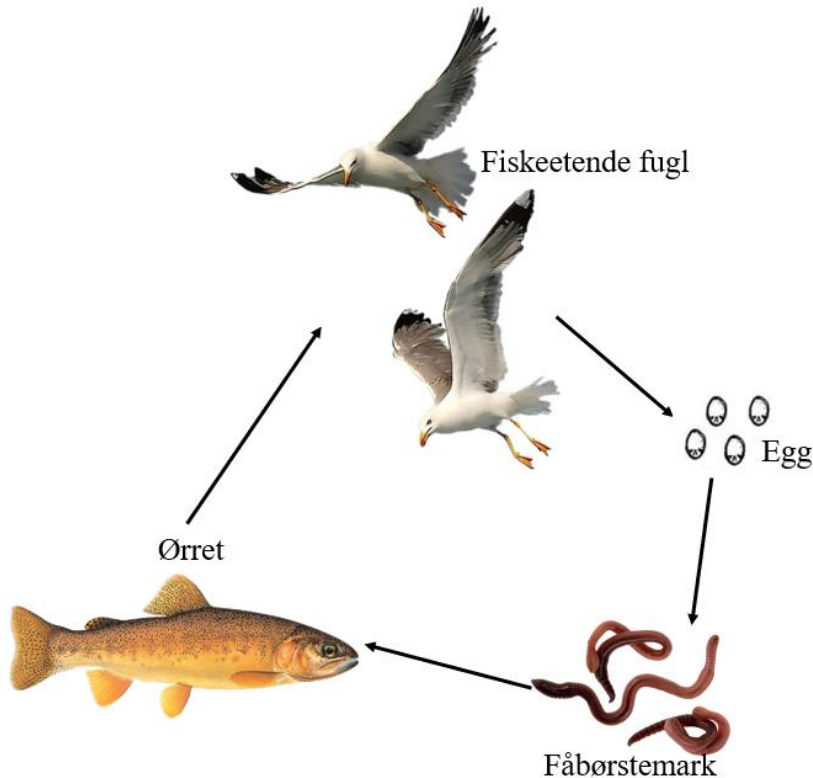


Larvene til *D. ditremus* er ikke lengre enn 2,5 cm og har en relativt glatt og avrundet kropp, som er lett rynkete. Scolex ('hodet') går som en forlengelse med kroppen, og har en kraftig hvit farge, i forhold til resten av kroppen. Plerocercoidene ligner *D. dendriticus* (Andersen & Gibson, 1989).



2.6.3 Nematoda

Nematoder er en stor gruppe runde, trådformede ormer med både frittlevende og parasittiske arter. De er vanlige fiskeparasitter, ofte sett på overflaten på de indre organene. Nematoder kan både ha direkte og indirekte livssykluser (Yanong, 2002) (Figur 11).



Figur 11: Livssyklusen for *Eustrongylides* sp., i rekken Nematoda.

2.6.3.1 *Eustrongylides* sp.

Larver av denne arten er funnet i flere fiskearter, blant annet i ørret, særlig i vassdrag i Agder og Telemark (Haugen et al., 2008). Larvene finnes innkapslet i cyster i bukhula hos fisken. Har fisken vært død en tid, er larvene ofte kommet ut av cystene og ligger fritt i bukhula eller har penetrert bukhuleveggen (Nachev et al., 2013). Larvene er blodrøde, med en lengde på opptil 39-60 mm, og er lette å få øye på (Brugni & Viozzi, 1999; Bykhovskaya-Pavlovskaya, 1964).



Tabell 1: Oversikt over verter/mellomverter for de påviste parasittartene i vår undersøkelse har, og hvilke organer artene benytter i ørreten. Mange av artene forekommer i et stort antall ulike verter/mellomverter.

Art/Slekt	Vert/Organ	Første mellomvert	Andre mellomvert
Trematode			
<i>Phyllodistomum umblae</i> [Fabricius, 1780]	Ørret, nyre	Muslinger (<i>Bivalvia</i>)	
<i>Crepidostomum metoecus</i> [Braun, 1900] og <i>C. farionis</i> [Müller, 1780] Lühe, 1900	Ørret, tarm/pylorus	Muslinger (<i>Bivalvia</i>) og snegler (<i>Gastropoda</i>)	Vårfluer (<i>Trichoptera</i>) og Marflo (<i>Gammarus lacustris</i>)
<i>Diplostomum</i> [Von Nordmann, 1832]	Fiskeetende fugl, tarm	Snegl (<i>Gastropoda</i>)	Ørret, ørekyte, i øynene
Cestode			
<i>Proteocephalus</i> [Weinland, 1858]	Ørret, tarm/pylorus	Copepoder	
<i>Eubothrium crassum</i> [Bloch, 1779] Nybelin, 1922	Ørret, tarm/pylorus	Copepoder	
<i>Cyathocephalus truncatus</i> [Pallas, 1781]	Ørret, pylorus	Marflo (<i>Gammarus lacustris</i>)	
<i>Dibothriocephalus ditremus</i> [Creplin, 1825] Lühe, 1899	Fiskeetende fugl/tarm	Copepoder	Ørret, i cyster i bukhula
<i>Dibothriocephalus dendriticus</i> [Nitzsch, 1824] Lühe, 1899	Fiskeetende fugl/tram	Copepoder	Ørret, trepigget stingsild, i cyster i bukhula
Nematoda			
<i>Eustrongylides</i> [Jägerskjöld, 1909]	Fiskeetende fugl/tarm	Fåbørstemark (<i>Oligochaeta</i>)	Ørret, ørekyte, i cyster i bukhula

2.7 Aldersbestemmelse

For aldersbestemmelse av ørreten brukte vi hovedsakelig otolitter. I noen få tilfeller måtte vi bruke skjellene fordi otolittene var hyaline eller knekt i småbiter, og dermed uleselige. Skjellprøven ble tatt fra partiet rundt sidelinjen om lag under fettfinnen. Otolittene ble tatt ut med pinsett etter at vi hadde snittet av den øverste

Ambjørgevatn, nr 7/22; 11 vintrar, årsklasse 2011



Figur 12: Knekt og brent otolitt av ørret nr.7/22 fra Ambjørgevatn, med alder 11 vintrar (årsklasse 2011). De mørke linjene i otolitten er vintersoner. I sesongen 2015 og 2020 lå isen lenge på Ambjørgevatnet, som gjenspeiles i otolitten med smale vekstsoner i disse to årene. Foto: Reidar Borgstrøm.

delen av hodet på fisken slik at vi kunne se deler av hjernen.

Før aldersavlesning ble otolittene delt i to med skalpell, og en eller begge halvdelene ble så lagt på en spatel og brent over en spritflamme. Vintersonene kom da fram som mørke ringer (Figur 12). Hver otolitt halvdel ble satt i en plastilinabit nedsenket i propandiol, med snittflaten opp, slik som vist i Figur 12. Vinteren 2020, 2015 og 2012 ble brukt som referansepunkter for aldersavlesning på otolittene, i og med at det disse årene var store mengder snø på Litlos, med sein isløsning, og dermed liten årstilvekst hos ørreten (Borgstrøm, 2001). Dette sees på otolittene som kortere avstand mellom vintersonene i disse årene (Figur 12).

Ved aldersavlesning fra skjell, ble sklerittsida av skjella lagt ned på en celluloidbit før den ble lagt i skjellpressa. Avtrykket i celluloidbiten ble deretter studert av i en mikrofilmleser.

2.8 Statistiske parametere

Antall funn og tellinger av parasittindivider ble skrevet ned i Excel-ark og brukt til å sette sammen prevalens, abundans (relativ tetthet) og infeksjonsintensiteten.

Gjennomsnittlig infeksjonsintensitet

Gjennomsnittlig infeksjonsintensitet er begrepet som blir brukt for å forklare gjennomsnittlig antall parasitter per infisert ørret. Gjennomsnittlig infeksjonsintensitet blir i denne oppgaven omtalt som «infeksjonsintensitet».

$$\text{Gjennomsnittlig infeksjonsintensitet} = \frac{\text{Totalt antall parasittindivider i ørretene}}{\text{Antall infiserte ørreter}}$$

Prevalens

Prevalens er et begrep som blir brukt for å forklare hvor stor andel av vertspopulasjonen som er infisert av en bestemt parasitt. Antall infiserte ørreter deles på antall undersøkte ørreter. For å få oppgitt prevalens i prosent, multipliseres dette med 100.

$$\text{Prevalens} = \frac{\text{Antall infiserte ørreter}}{\text{Antall undersøkte ørreter}} \times 100$$

Gjennomsnittlig abundans (relativ tetthet)

Gjennomsnittlig abundans er begrepet som forklarer gjennomsnittlig antall parasitter per individ. Her blir ørreter som både er infiserte og uinfiserte tatt med i utregningen. Begrepet «abundans» brukes heretter.

$$\text{Gjennomsnittlig abundans} = \frac{\text{Totalt antall parasitter i ørretene}}{\text{Antall undersøkte ørreter}}$$

2.9 Statistisk analyse

Alt av resultatene som stod i Excel ble omgjort fra `xlsx.fil` til `csv.fil` og lagt inn i Rstudio (R 4.2.3, R Development Core Team (2022)). Parasittene som hadde få observasjoner (*P. umblae*, *D. dendriticus*, *Eustrongylides sp.*, *C. truncatus*) eller bare ble registrert som til stede/ikke til stede, fikk henholdsvis verdien 0 eller 1. Ved hjelp av generaliserte lineære modeller (GLM) (McCullagh & Nelder, 1989) ble prediktorvariablene kjønn, alder, lengde, innsjøstørrelse og utløpssone kombinert i ulike modellstrukturer, i tråd med hypoteser framsatt i introduksjonen, med enten intensitet eller tilstede/ikke-tilstede data for de ulike parasittartene.

For å teste hypotesene våre for de parasittene der individer ble talt opp (*Diplostomum sp.*, *C. farionis*, *C. metoecus*, *D. ditremus*), brukte vi pakken MASS. Dette fordi de fleste parasittintensitetsfordelingene hadde overskudd av nuller og dermed gjorde det umulig å tilpasse GLM med poisson-fordeling, slik man ofte gjør for slike telldata. MASS pakken har en modifisert versjon av basisfunksjonen `glm()`, som kalles `glm.nb`, som antar en negativ binomialfordeling av responsen. Gjennom estimering av tilleggsparameteren θ for en generalisert lineær negativ binomial modell tilpasses modellene under en langt mer relevant fordeling. Gitt θ , tilpasses modellene som en vanlig GLM-tilnærming. For faste midler estimeres θ -parameteren ved hjelp av «poengsum» og informasjonsiterasjoner. De to veksles til begge konvergerer. Et tilpasset modellobjekt av `negbin`-klassen som arver `glm`- og `lm`-formene. Objektet ligner `glm`, men inneholder tre tilleggskomponenter, nemlig θ for ML-estimering av θ og SD. θ får sin omtrentlige standardfeil (ved bruk av observert, snarere enn forventet informasjon) og «twologlik» for to ganger log-likelihood-funksjonen (Venables & Ripley, 2002).

AICcmodavg er en pakke som inneholder funksjoner for å lage modellvalgtabeller basert på Akaike Information Criterion (AIC) og andre-ordens AIC (AICc), og deres kvasi-likelihood-motparter (QAIC, QAICc) (Mazerolle & Mazerolle, 2017). Vi brukte denne pakken til å velge ut de kandidatmodellene som hadde mest støtte i dataene.

Pakken Car ble brukt for å gjennomføre effekttester for de parasittene hvor `glm.nb` ble utnyttet. Denne pakken inneholder funksjonen `Anova` med type II-test. Type II-test beregner i henhold til marginalitetsprinsippet, og tester hvert ledd etter alle andre, bortsett fra at vilkårene for høyere ordens slektninger ignoreres. Definisjonen av Type II-tester tilsvare testene laget av statistikkprogrammet SAS for analyse av variansmodeller der alle prediktorene er faktorer, men ikke mer generelle (Fox et al., 2012). For de resterende parasittartene brukte vi `anova`-funksjonen med `test-LR`, som estimerer likelihood-ratio.

I presentasjonene av modellene rapporteres parameterestimer på link-skala (dvs lineær skala) For komplekse modeller lager vi prediksjonsplott for lettere tolke modellens prediksjoner.

3. Resultater

3.1 Alder og lengdefordeling av undersøkt ørret

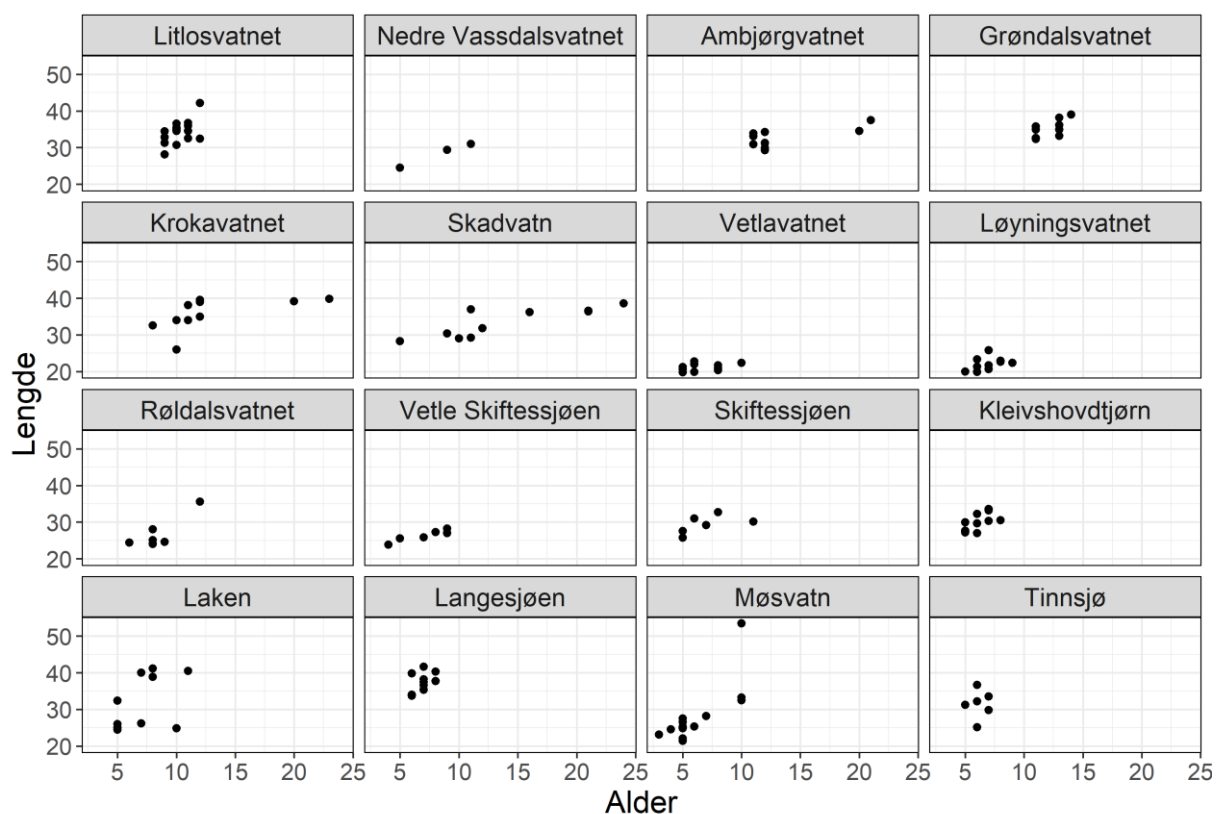
Materialet som inngår i parasittundersøkelsen er fra 145 ørret fra 16 vatn, innsamlet i perioden juni, juli og august 2022. Av de undersøkte fiskene var aldersfordelingen fra tre til 24 år og lengden var fra 19,8 til 53,5 cm, men med stor variasjon mellom de ulike vatna (Tabell 2). Langesjøen hadde den høyeste gjennomsnittslengden (37,5 cm), og Vetlavatn hadde det laveste snittet (21,2 cm). For laveste gjennomsnittsalder er det Møsvatn og Kleivshovdtjørn med 6,2 år, og Skadvatn med den høyeste på 14 år. Langesjøen hadde den høyeste gjennomsnittsvekten på 557,3 gram, og Vetlavatn med den laveste på 110,2 gram. K-faktoren for fiskene er relativt jevne. Vetlavatn hadde det høyeste gjennomsnittet (1,16), mens Røldalsvatn og Nedre Vassdalsvatn hadde det laveste (0,84).

Tabell 2: Lengde, vekt, alder og K-faktor på all undersøkt ørret.

Innsjø/Ant. fisk	Variabler	Snitt	Median	Min	Max	Std.feil
Litlosvatn 15 ørret	Lengde (cm)	34,2	34,5	28,1	42,2	3,2
	Vekt (g)	362,1	360	201	615	
	Alder (år)	10,3	10	9	12	
	K-faktor	0,89	0,91	0,75	0,97	
Nedre Vassdalsvatn 3 ørret	Lengde (cm)	28,3	29,4	24,5	31	3,4
	Vekt (g)	194,7	214	130	240	
	Alder (år)	8,3	9	5	11	
	K-faktor	0,84	0,84	0,81	0,88	
Ambjørsvatn 10 ørret	Lengde (cm)	32,6	32,2	29,3	37,5	2,5
	Vekt (g)	309,8	310,5	242	369	
	Alder (år)	13,4	12	11	21	
	K-faktor	0,91	0,93	0,59	1,05	
Grøndalsvatn 10 ørret	Lengde (cm)	35,3	35,3	32,3	39	2,2
	Vekt (g)	398,9	386,5	330	470	
	Alder (år)	12,1	12	11	14	
	K-faktor	0,92	0,92	0,65	1,28	
Krokavatn 10 ørret	Lengde (cm)	35,7	36,6	26	39,8	4,3
	Vekt (g)	36,4	456	176	674	
	Alder (år)	12,9	11,5	8	23	
	K-faktor	0,98	0,98	0,87	1,11	
Skadvatn 10 ørret	Lengde (cm)	33,4	34	28,3	38,6	4,0
	Vekt (g)	377,7	380,5	240	540	
	Alder (år)	14	11,5	5	24	
	K-faktor	1,01	1,02	0,82	1,2	
Vetlavatn	Lengde (cm)	21,2	21,1	19,8	22,7	1,7

10 ørret	Vekt (g)	110,2	106	92	134	
	Alder (år)	6,7	6	5	10	
	K-faktor	1,16	1,15	1,01	1,31	
Løyningsvatn	Lengde (cm)	22,1	22,1	19,9	25,8	1,8
10 ørret	Vekt (g)	-	-	-	-	
	Alder (år)	6,9	7	5	9	
	K-faktor	-	-	-	-	
Røldalsvatn	Lengde (cm)	27	24,9	24	35,6	4,5
6 ørret	Vekt (g)	182,7	129,5	112	449	
	Alder (år)	8,5	8	6	12	
	K-faktor	0,84	0,84	0,72	1	
V. Skiftessjøen	Lengde (cm)	26,3	26,4	23,8	28,2	1,6
6 ørret	Vekt (g)	184,6	172,3	153,4	249	
	Alder (år)	7	7,5	4	9	
	K-faktor	1,02	0,84	0,77	1,27	
Skiftessjøen	Lengde (cm)	29,4	29,65	25,7	32,7	2,5
6 ørret	Vekt (g)	285,05	283,5	203,7	368,8	
	Alder (år)	7	6,5	5	11	
	K-faktor	1,11	1,12	1,04	1,2	
Kleivshovdtjørn	Lengde (cm)	30,1	30,1	27	33,6	2,4
10 ørret	Vekt (g)	279,4	277	179	381	
	Alder (år)	6,2	6	5	8	
	K-faktor	1	1,01	0,91	1,13	
Laken	Lengde (cm)	31,95	29,3	24,5	41,2	7,4
10 ørret	Vekt (g)	361,4	248	151	668	
	Alder (år)	7,1	7	5	11	
	K-faktor	0,97	0,96	0,9	1,07	
Langesjøen	Lengde (cm)	37,5	37,6	33,7	41,6	2,6
10 ørret	Vekt (g)	557,3	584	379	718	
	Alder (år)	6,9	7	6	8	
	K-faktor	1,05	1,03	0,91	1,21	
Møsvatn	Lengde (cm)	28,3	25,3	21,4	53,5	8,4
13 ørret	Vekt (g)	315,6	174	100	1755	
	Alder (år)	6,2	5	3	10	
	K-faktor	1,03	1,02	0,91	1,17	
Tinnsjø	Lengde (cm)	31,4	31,7	25,1	36,7	3,9
6 ørret	Vekt (g)	322,7	322	182	466	
	Alder (år)	6,17	6	5	7	
	K-faktor	1,02	1,03	0,92	1,15	

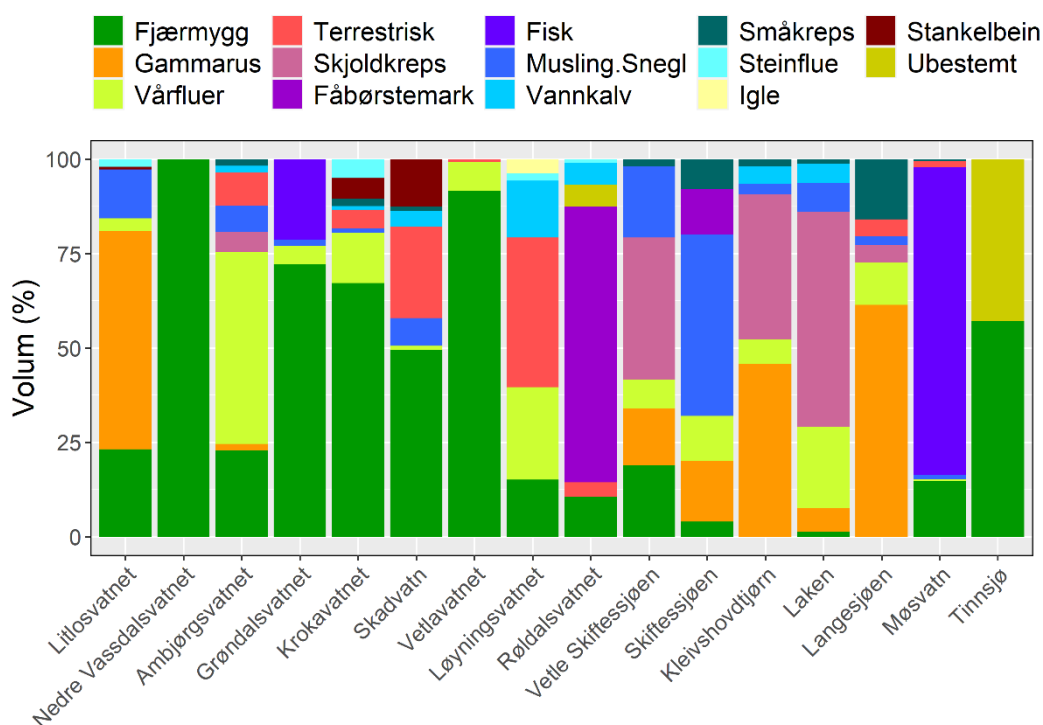
Ørret i vatn rundt Litlos viste seg å ha en treigere lengdevekst enn ørreten fra vatn på den østlige delen av Vidda (Figur 13). I vatna ved Litlos ble det fanget flere fisk med alder mellom 15 og 25 år, på tross av at de knapt hadde oppnådd en lengde på 40 cm. Ved Langesjøen og Laken nådde fisken den samme lengda bare ved en alder på 6-8 år.



Figur 13: Alder og lengdeplott hos undersøkt ørret fra de ulike innsamlingslokalitetene..

3.2 Ørretens diett

I de fleste vatna var det fjærmygg, marflo og skjoldkreps *Lepidurus arcticus* som stod for den største delen av mageinnholdet hos ørreten (Figur 14). I tillegg ble det funnet vårfluer, musling/snegl, steinfluer, vannkalv, småkreps (linsekreps *Eurycercus lamellatus* og *Bythotrephes longimanus*), stankelbein, igler, fåbørstemark, fisk og terrestriske insekter i dietten hos ørret. Marflo ble funnet i sju vatn, og i Litlosvatn, Kleivshovdtjørn og Langesjøen utgjorde denne arten en relativt stor del av dietten. Musling og snegl ble funnet i mageinnhold fra 11 av lokalitetene. I de aller fleste vatna utgjorde likevel musling og snegl en liten del av dietten, bortsett fra i Store Skiftessjøen hvor den utgjorde 48 % av mageinnholdet. Røldalsvatn var det eneste vatnet som det ble funnet fåbørstemark (73 %) i dietten hos ørret.



Figur 14: Volum % av ulike byttedyrkategorier i samleprøver av mageinnholdet av ørret fra hvert av de undersøkte vatna.

3.3 Parasittfaunaen

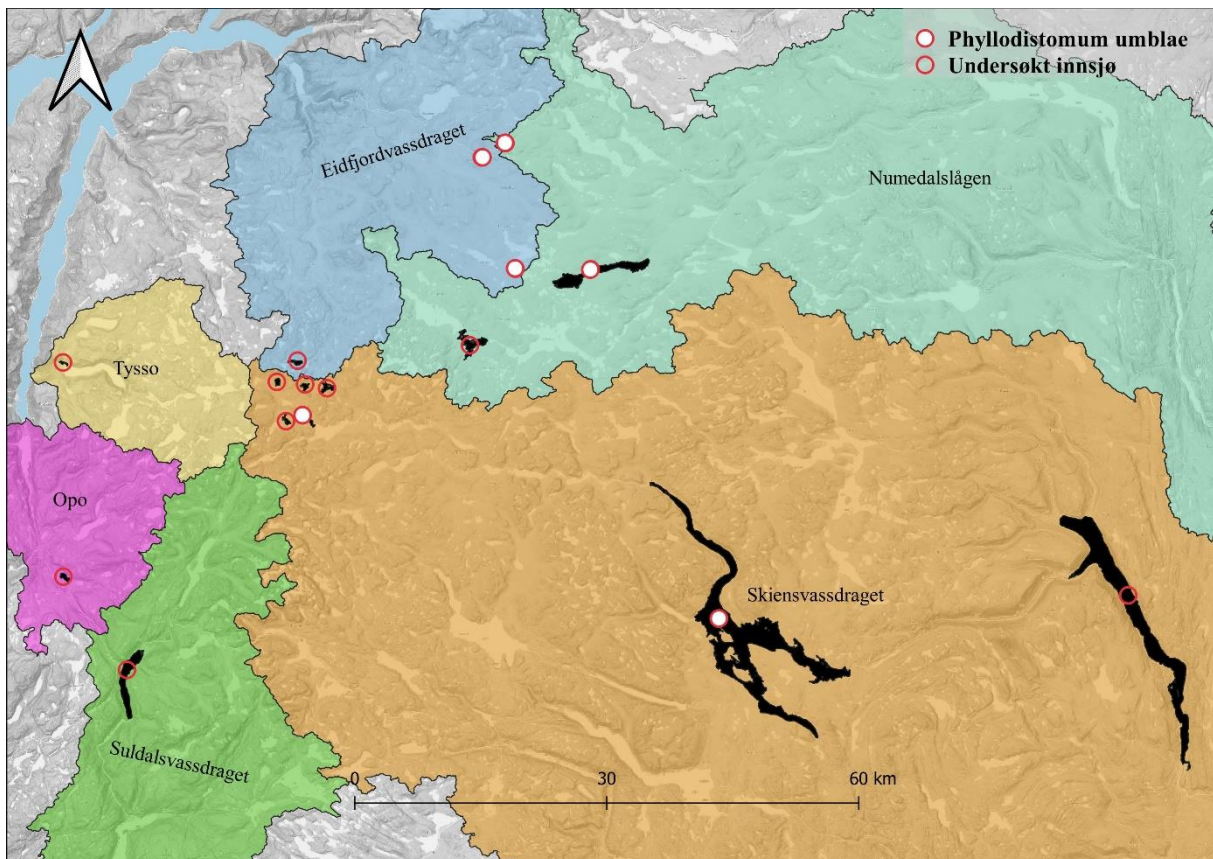
I de 16 undersøkte vatna, ble det totalt funnet 11 parasittarter. Parasitten som klart hadde den høyeste prevalensen (78,6 %), abundans (26,27) og infeksjonsintensiteten (33,39) var øyeikten *Diplostomum sp.* De to parasittartene som hadde den laveste prevalensen var *Cyathocephalus truncatus* og *Eustrongylides sp.* (Tabell 3). *C. truncatus* ble funnet i to av fem undersøkte ørret fra Litlosvatn den 4. juli, men ble ikke funnet i noen av de ti resterende fiskene fra Litlosvatn, innsamlet den 27. juli.

Tabell 3: Parasittartenes prevalens, gjennomsnittlig abundans og intensitet for all undersøkt ørret.

	Prevalens (%)	Gj. snittlig abundans	Gj. snittlig intensitet
<i>Proteocephalus sp.</i>	40	-	-
<i>E. crassum</i>	25,52	-	-
<i>C. truncatus</i>	1,38	0,04	1,5
<i>Eustrongylides sp.</i>	1,38	0,02	1
<i>D. ditremus</i>	35,86	6,97	14,69
<i>D. dendriticus</i>	3,45	0,32	9,2
<i>C. farionis</i>	41,43	3,19	3,98
<i>C. metoecus</i>	49,29	4,46	5,2
<i>P. umblae</i>	15,86	1,17	7,39
<i>Diplostomum sp.</i>	78,62	26,27	33,39

3.3.1 *Phyllodistomum umblae*

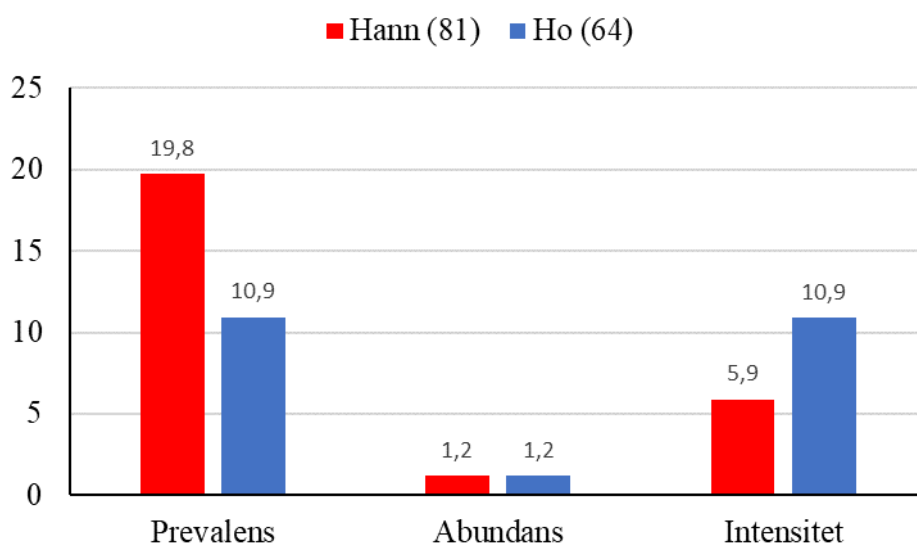
Nyreikten *Phyllodistomum umblae* ble funnet i seks av vatna (Litlosvatn, Kleivshovdtjørn, Langesjøen, Møsvatn, Skiftessjøen og Vetle Skiftessjøen) på Hardangervidda, henholdsvis i vassdragene Numedalslågen (2), Skiensvassdraget (2) og Eidfjordvassdraget (2) (Figur 15). Dette utgjør en prevalens på 15,9 %. Gjennomsnittlig abundans per undersøkte fisk var på 1,2 og gjennomsnittlig intensitet var på 7,4 ikter per infisert fisk (Tabell 3).



Figur 15: Geografisk forekomst av *Phyllodistomum umblae*. påvist i vår undersøkelse. Åpen rød sirkel viser hvilke innsjøer som er undersøkt, og fylt sirkel viser funn av *Phyllodistomum umblae*.

Langesjøen hadde den høyeste prevalensen av parasitten, hvor 80 % av fiskene var infisert. Langesjøen hadde også den høyeste abundans, med 7,9 ikter per fisk. Kleivshovdtjørn hadde den høyeste infeksjonsintensiteten, med en gjennomsnitt på 13,5 ikter per infiserte fisk (Appendix 2). Forskjellen mellom hann og hunn ørret er liten (Figur 16). Spesielt ved den relative tettheten (abundans), hvor begge kjønnene hadde 1,2. Det ble gjort flere observasjoner av parasitten på hannene (19,8 %), mens hunnene hadde en høyere infeksjonsintensitet (10,9 %), enn hannene (5,9 %).

P. umblae ble funnet i ørreter fra alderen fire til ti år, og fra lengden 24 til 42 cm (Tabell 4). Høyeste forekomst av parasitten i en fisk, var på 17 individer. 9 av 23 infiserte ørreter hadde ti eller flere individer i nyrestrengen. Prevalensen for aldersklassene viser at det er en stigende tendens fra alderen ≤ 5 år til 7 år. Denne flater så ut, og holder seg på omtrent 30 %. Det samme gjelder for abundans og intensitet, hvor det er høyest for syvåringene. Prevalsenen for lengdeklassene viser at det er en stigende tendens, fra de som er ≤ 25 cm til de som er ≥ 40 cm. Untaket her for de fiskene som er mellom 30-35 cm, hvor det er en nedgang på 50 %, i forhold til lengdeklassen 25-30 cm. Men infeksjonsintensiteten for lengdeklassen 30-35 cm, er på 8,4 ikter per infiserte fisk.



Figur 16: Prevalens, abundans og intensitet for parasitten *Phyllodistomum umblae*, fordelt på kjønn. Hann har rød farge, hunn har blå. Antall undersøkt fisk står i parentes bak kjønnene.

Tabell 4: Prevalens, abundans og intensitet for alder og lengde. *n* er antall undersøkt fisk innenfor alders- og lengdeklassene for *Phyllodistomum umblae*.

N	Alder	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
26	≤ 5	7,7	0,1	1
18	6	16,7	1,6	9,3
18	7	38,9	3,8	9,7
16	8	25	2,3	9
10	9	30	2,3	7,7
13	10	30,8	1	3,3
44	≥ 11	0	0	0

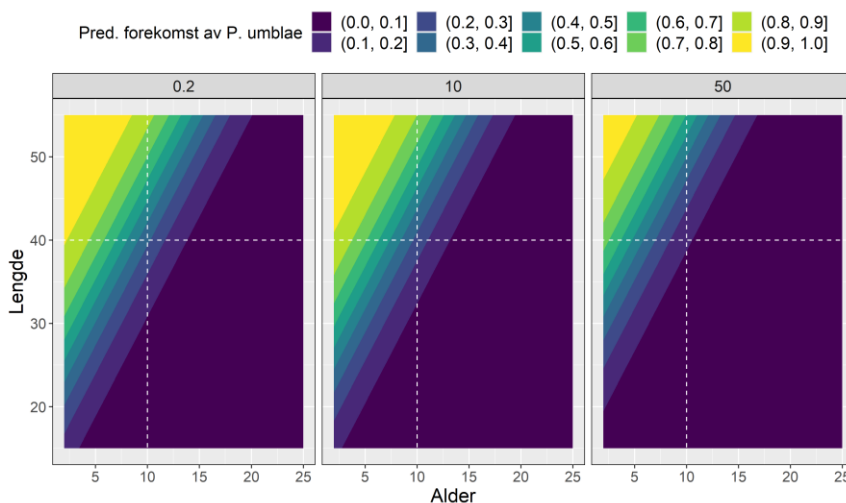
N	Lengde	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
31	≤ 25	3,2	0,03	1
34	25-30	20,6	1,5	7,1
42	30-35	11,9	1	8,4
31	35-40	25,8	1,9	7,4
7	≥ 40	28,6	2,6	9

Modellutvelgelsen blant glm-modellene som ble tilpasset prevalensdatane for nyreikten favoriserte en modell med interaksjon mellom alder og lengde og additiv effekt av innsjøstørrelse (Tabell 5, Appendix 3). Alder hadde en svakt signifikant positiv effekt (ANOVA; $\text{Chi} = 3,86$, $p\text{-verdi} = <0,1$) på prevalensen av parasitten. Det samme gjaldt for fiskens lengde, men var noe sterkere (ANOVA; $\text{Chi} = 10,50$, $p\text{-verdi} = <0,01$) Parasittens prevalens påvirkes også av innsjøenes størrelse (ANOVA; $\text{Chi} = 3,97$, $p\text{-verdi} = <0,1$), hvor de minste innsjøene har en høyere prevalens av parasitten. Interaksjonen mellom alder og lengde har et negativt estimat (Tabell 5).

Tabell 5: Parameterestimer (logit-skala) for den utvalgte modellen (Appendix 3) som estimerer prevalens av *Phyllodistomum umblae* samt tilhørende effekttest (Anova) (Likelihood-ratio test). * = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant.

Parameterestimat			ANOVA						
	Estimat	Std.feil		Df	Chi	Resid. Df	Resid. Dev	p-verdi	
(Skjæringspunkt)	-14.65	6.09				144	126.84		
Alder	1.16	0.79	Alder	1	3.86	143	122.98	<0.1	*
Lengde	0.51	0.19	Lengde	1	10.50	142	112.48	<0.01	**
Innsjøstr.	-0.02	0.02	Innsjøstr.	1	3.97	141	108.51	<0.1	*
Alder:Lengde	-0.05	0.02	Alder:Lengde	1	4.51	140	104.00	<0.1	*

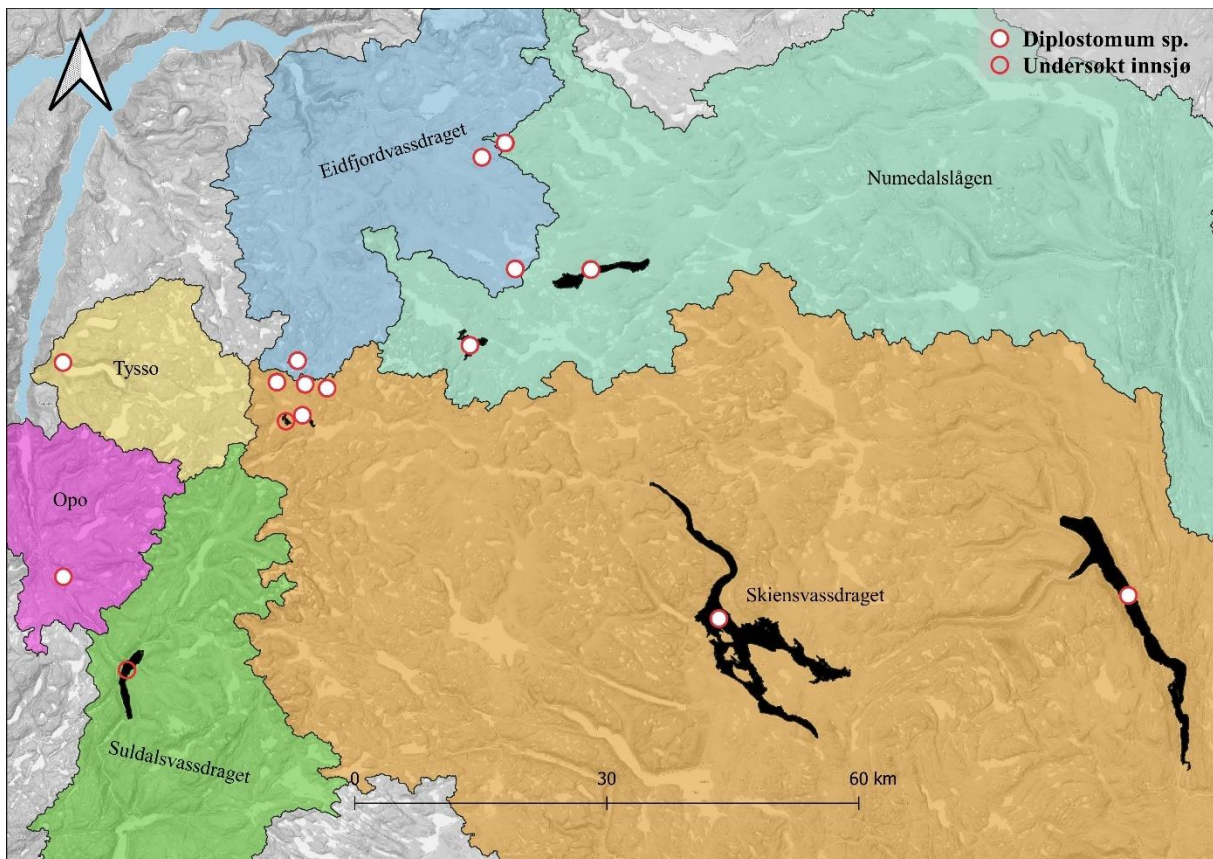
Den utvalgte modellen for *P. umblae* estimerte at prevalensen avtok ved økende størrelse på innsjøene (Figur 17) for gitte kombinasjoner av alder og lengde. Som et eksempel viser krysningspunktet for de hvite stiplede linjene i figur 17, hva sannsynligheten for at en fisk på 10 år og 40 cm, er infisert med parasitten avhengig av innsjøareal. I en innsjø på 0,2 km² er det 30- 40 % sjanse for at ørreten har parasitten, og i en innsjø på 50 km² er det 10-20 % sjanse for at ørreten kan få parasitten.



Figur 17: Konturdiagram over predikert forekomst av *Phyllodistomum umblae*. Alder, lengde og innsjøstørrelse er signifikante variabler, og viser dermed prediksjonen. Gul indikerer 90-100 % forekomst av parasitten, mørkeblå indikerer 0-10 %. Prediksjonene stammer fra modellen i Tabell 5.

3.3.2 *Diplostomum* sp.

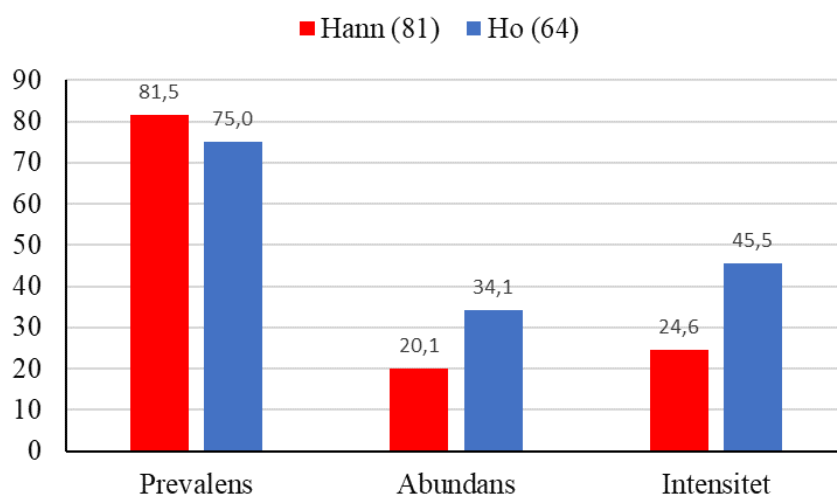
Diplostomum sp. var en av de mest vanlige parasittene som ble funnet i vår undersøkelse. Arten ble funnet i samtlige vatn, bortsett fra Nedre Vassdalsvatn og Røldalsvatn (Figur 18). All undersøkt fisk hadde en prevalens på 100 %, med unntak av Røldalsvatn (0 %), Nedre Vassdalsvatn (0 %), Møsvatn (7,7 %), Tinnsjø (16,7 %) og Grøndalsvatn (50 %). Vatna med høyest infeksjonsintensitet og abundans var Skadvatn på 115,7 øyeikter (Appendix 2).



Figur 18: Geografisk forekomst av *Diplostomum* sp. påvist i vår undersøkelse. Åpen rød sirkel viser hvilke innsjøer som er undersøkt, og fylt sirkel viser funn av *Diplostomum* sp.

Prevalensen for hannene er på 81,5 %, noe som er litt høyere enn hunnene (75 %) (Figur 19). For abundans er det hunnene som har det høyeste antallet med 34,1, hvor hannene har 20,1. Det samme gjelder for infeksjonsintensiteten, hvor hunnene hadde en intensitet på 45,5 og hannene med et gjennomsnitt på 24,6 ikter per fisk. Parasitten ble funnet i ørret fra alderen fire til 24 år, med unntak av 14-åringer, og fra ca. lengdespenn 20 til 43 cm. Fisken med den høyeste forekomsten av parasitten var en syv år hunn, på ca. 33 cm. Ho kom fra Kleivshovdtjørn, og hadde 200 ikter i det ene øyet som ble sjekket. Eldste infiserte fisk var en hunn på 24 år, og

ungste var fire år. Høyeste prevalens for aldersklassene er syv åringene (88,9 %), og lengden ≥ 40 cm (85,7 %) (Tabell 6). Tendensen for lengdeklassen er at abundans og intensitet er høyest når fiskene er ni år, og mellom 35 til 40 cm.



Figur 19: Prevalens, abundans og intensitet for parasitten *Diplostomum* sp., fordelt på kjønn. Hann har rød farge, hunn har blå. Antall undersøkt fisk står i parentes bak kjønnene.

Tabell 6: Prevalens, abundans og intensitet for alder og lengde. N er antall undersøkt fisk innenfor alders- og lengdeklassene for *Diplostomum* sp..

N	Alder	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet	N	Lengde	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
26	≤ 5	65,4	8,7	13,4	31	≤ 25	74,2	9,2	12,3
18	6	72,2	18,8	26	34	25-30	70,6	26,7	37,8
18	7	88,9	30,3	34,1	42	30-35	83,3	32,6	39,1
16	8	81,3	13,4	16,5	31	35-40	83,9	36,2	43,2
10	9	80	41,9	50,1	7	≥ 40	85,7	17,9	20,8
13	10	76,9	25,3	32,8					
44	≥ 11	84,1	39,5	46,9					

Modellutvelgelsen blant glm-modellene som ble tilpasset infeksjonsdataene for øyeikten favoriserte en modell med interaksjon mellom innsjøstørrelse og utløp og additiv effekt av kjønn (Tabell 7; Appendix 4). Kjønn hadde en svakt signifikant positiv effekt (ANOVA; Chisq = 5,66, p -verdi = $<0,1$), hvor det er et høyere estimat for hunnene (1,58+0,51). Størrelsen på innsjøene en sterk signifikant positiv effekt (ANOVA; Chisq = 83,27, p -verdi = $<0,001$), med et estimat på 1,58+1,8. Det samme gjelder for utløp (ANOVA; Chisq = 47,38, p -verdi = $<0,0001$), men her er det store forskjeller mellom vatna. Ettersom at det ikke ble funnet

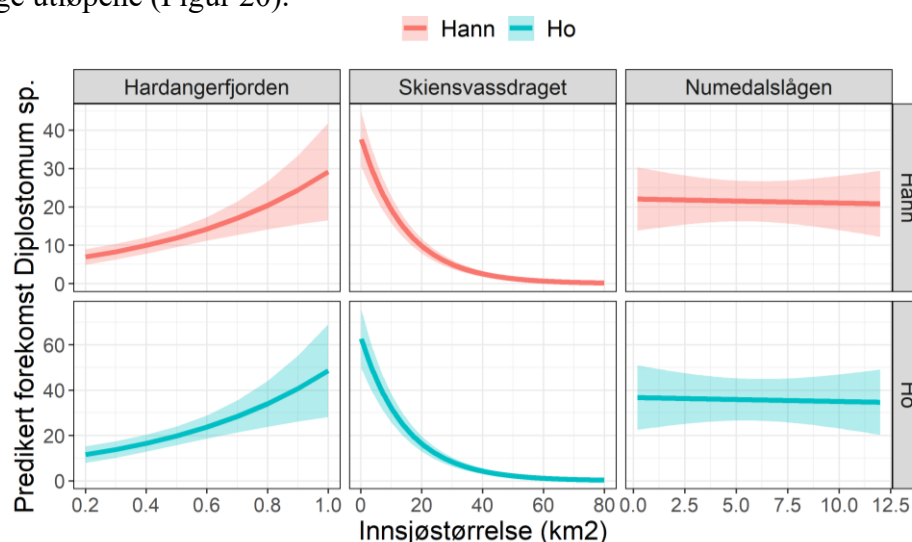
Diplostomum sp. i Røldalsvatn, som har utløp i Sandsfjorden, er det ikke noe interaksjon mellom innsjøstørrelse og utløp.

Tabell 7: Parameterestimat tabell(log-skala) for den utvalgte glm.nb-modellen (Appendix 4) som estimerer forekomst av *Diplostomum* sp. og tilhørende effekttest. (Type II Likelihood-ratio test). * = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant. Theta = $0,76 \pm 0,10$

Parameterestimat		
	Estimat	Std.feil
(Skjæringspunkt)	1.58	0.42
KjønnHo	0.51	0.21
Innsjøstr.	1.80	0.76
UtløpNumedalslågen	1.52	0.56
UtløpSkiersvassdraget	2.06	0.45
Innsjøstr:UtløpNumedalslågen	-1.80	0.76
Innsjøstr:UtløpSkiersvassdraget	-1.86	0.76

ANOVA (type II test)				
	LR Chisq	Df	p-verdi	
Kjønn	5.66	1	<0.1	*
Innsjøstr.	83.27	1	<0.0001	***
Utløp	47.38	3	<0.0001	***
Innsjøstr:Utløp	10.07	2	<0.01	**

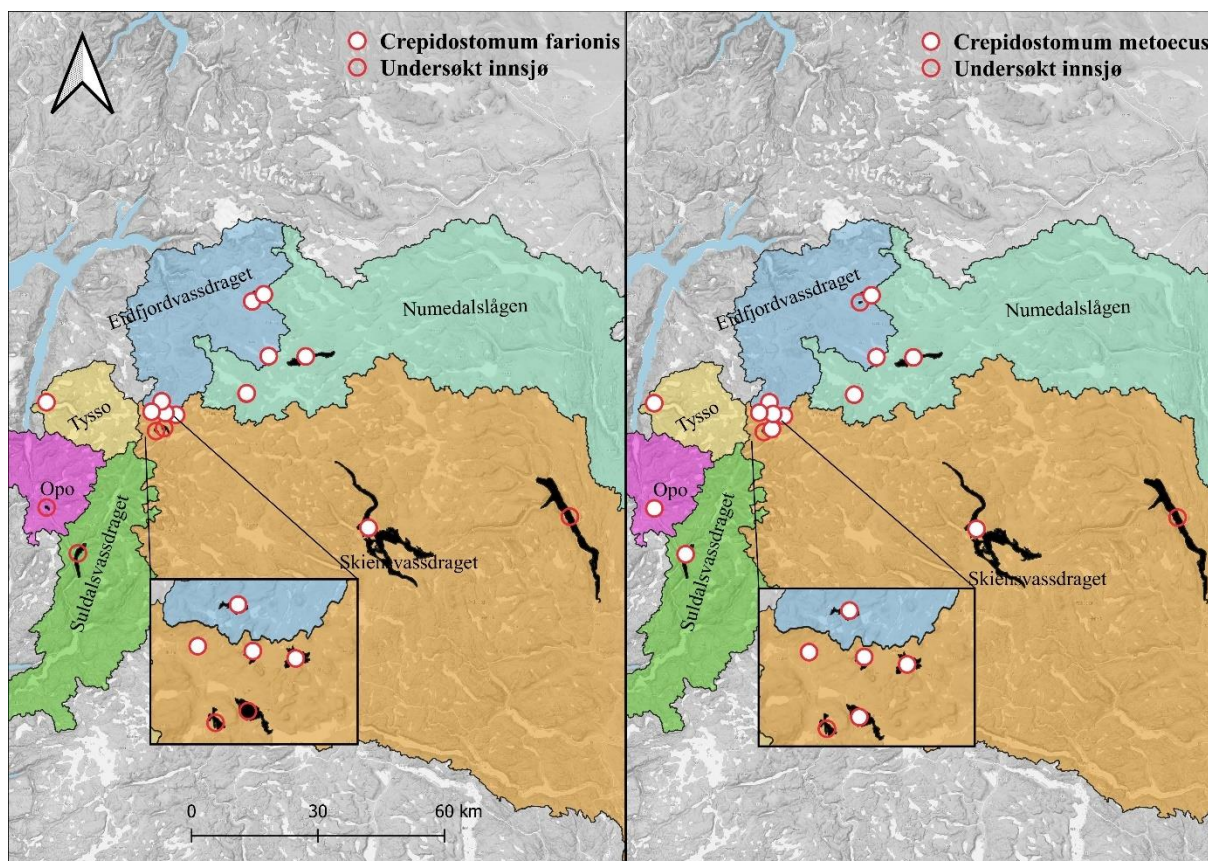
Funn av *Diplostomum* sp. i vatna som har utløp til Hardangerfjorden viser at predikert forekomst av ikten øker med økende innsjøstørrelse. Mens vatn med utløp i Skiersvassdraget viser det motsatte, hvor det er en nedgang i predikert forekomst av ikten ved større innsjøer. Forekomsten går nesten ned mot null i de største vatna. Vatna med utløp i Numedalslågen viste en svak nedgang i predikert forekomst ved økende innsjøstørrelse. I tillegg var det nærmest ingen forskjell på predikert forekomst av *Diplostomum* sp. på hann- og hunnrørret i de forskjellige utløpene (Figur 20).



Figur 20: Predikert forekomst for øyeikten *Diplostomum* sp. som hvor det skilles på innsjøstørrelse (km²), predikert øyeikte og kjønn. Hann har rød farge, og hunn har blå. Prediksjonene stammer fra modellen i Tabell 7.

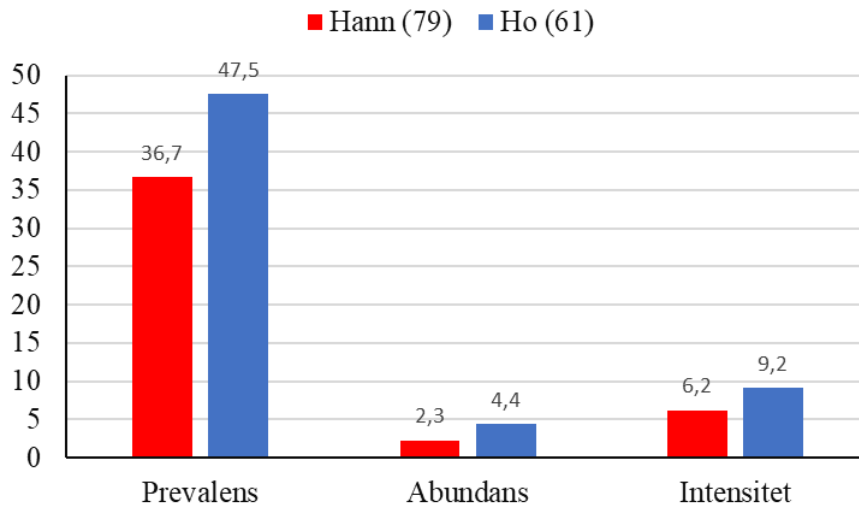
3.3.3 *Crepidostomum farionis* & *C. metoecus*

Crepidostomum farionis ble funnet i de aller fleste vatn, bortsett fra Nedre Vassdalsvatn, Litlosvatn, Tinnsjø, Røldalsvatn og Løyningsvatn. *C. metoecus* ble også funnet i de aller fleste vatna, med unntak av Tinnsjø, Nedre Vassdalsvatn og Vesle Skiftesjøen (Figur 21).



Figur 21: Geografisk forekomst av *C. farionis* og *C. metoecus* påvist i vår undersøkelse. Åpen rød sirkel viser hvilke innsjøer som er undersøkt, og fylt sirkel viser funn av *C. farionis* og *C. metoecus*.

For parasitten *C. farionis* hadde Vetlavatn den høyeste prevalens med 90 %. Ambjørghsvatn hadde den høyeste abundans på 8,4 ikter per undersøkt fisk, mens Skadvatn med en prevalens på 50 %, hadde den høyeste infeksjonsintensiteten på 15,2 ikter (Appendix 2). Selv om at det ikke er noen signifikant forskjell mellom kjønnene, er prevalensen, abundans og intensiteten noe høyere for hunnene enn hannene (Figur 22). Det var individer i alle aldersklassene, med unntak av den eldste fisken på 24 år, og fra lengden 19 til 41 cm. Høyeste forekomsten av enkeltindivider var i en hannørret fra Skadvatn på 11 år og 37 cm, og en hunnørret fra Grøndalsvatn på 13 år og 38 cm. Begge disse hadde 35 ikter av arten *C. farionis*.



Figur 22: Prevalens, abundans og intensitet for parasitten *Crepidostomum farionis*, fordelt på kjønn. Hann har rød farge, hunn har blå. Antall undersøkt fisk står i parentes bak kjønnene.

Høyeste prevalens for aldersklassene er i de fiskene som er ≤ 5 år (46,2 %) og de som er ≥ 11 år (58,5 %). Det samme gjelder for lengdeklassene, hvor fiskene mellom 25 og 30 cm har den høyeste prevalensen på 47,1 %. For abundans og intensitet er det høyest forekomst i de eldste fiskene, og de som er mellom 35 og 40 cm (Tabell 8).

Tabell 8: Prevalens, abundans og intensitet for aldersklassene, og lengdeklassene. N er antall ørret innenfor disse klassene for *Crepidostomum farionis*.

N	Alder	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
26	≤ 5	46,2	1,9	4,1
18	6	27,8	1,2	4,4
18	7	38,9	2,8	7,3
16	8	31,3	1,1	3,6
9	9	22,2	0,4	2
12	10	25	1,6	6,3
41	≥ 11	58,5	6,9	11,8

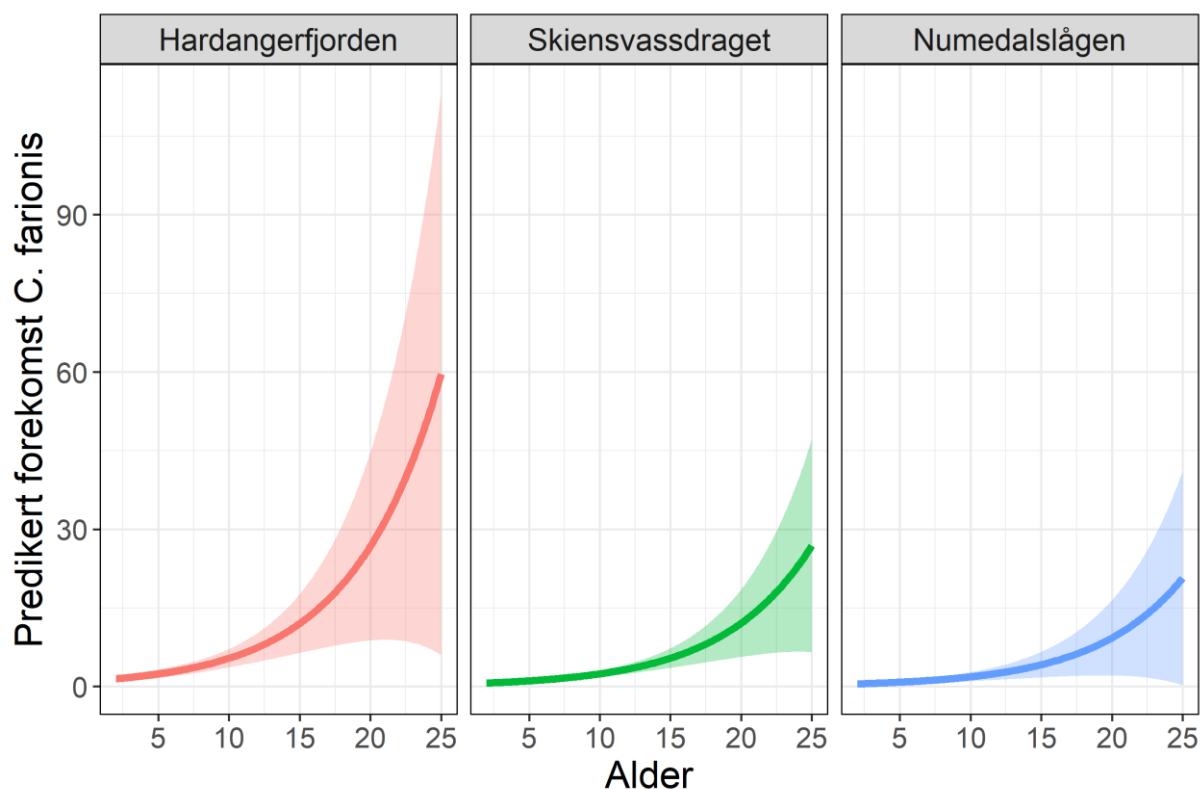
N	Lengde	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
31	≤ 25	38,7	1,4	3,5
34	25-30	47,1	2,8	5,9
38	30-35	36,8	2,9	7,9
30	35-40	46,7	6,2	13,4
7	≥ 40	28,6	1,9	6,5

Modellutvelgelsen blant glm-modellene som ble tilpasset intensitetsdataene for *C. farionis* favoriserte en modell med additiv effekt av utløp og alder (Tabell 9, Appendix 5). Alder hadde en signifikant positiv effekt (ANOVA; Chisq = 10,65, p -verdi = <0.01) på intensiteten av parasittene. Det samme gjelder utløp (ANOVA; Chisq = 12,65, p -verdi = <0.01). I de tre utløpssonene hvor parasitten er observert (Hardangerfjorden, Skiensvassdraget, Numedalslågen). Vatna som har utløp i Hardangerfjorden har en omtrentlig dobbelt så høy predikert forekomst av *C. farionis* enn de som renner ut i Skiensvassdraget og Numedalslågen (Figur 23).

Tabell 9: Parameterestimat tabell(log-skala) for den utvalgte glm.nb-modellen (Appendix 5) som estimerer forekomst av *Crepidostomum farionis* og tilhørende effekttest. (Type II Likelihood-ratio test).
 * = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant. $\Theta = 0,25 \pm 0,04$

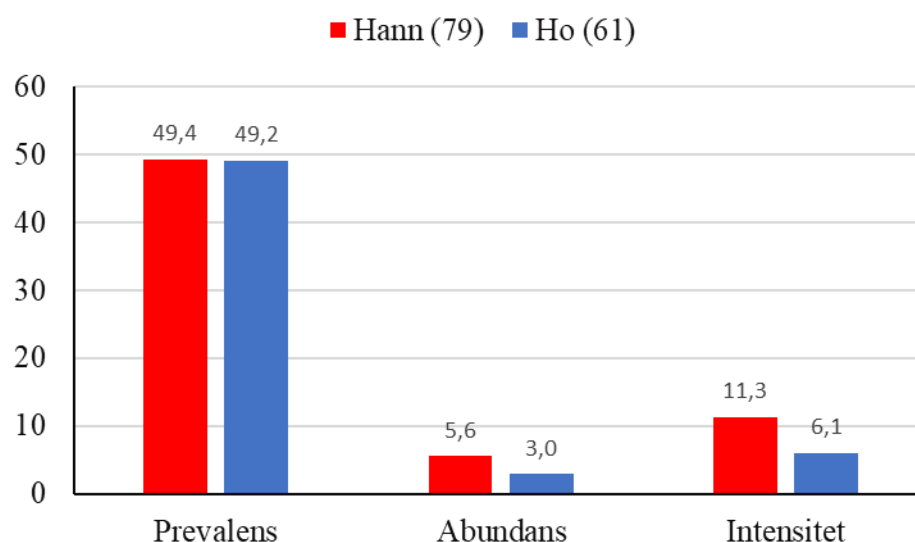
Predikert koeffisient		
	Estimat	Std.feil
(Skjæringspunkt)	0.08	0.50
Alder	0.16	0.05
UtløpNumedalslågen	-1.06	0.54
UtløpSkiensvassdraget	-0.80	0.43

ANOVA (Type II test)						
	LR Chisq	Df	p-verdi			
Alder	10.65	1	<0.01	**		
Utløp	12.65	3	<0.01	**		



Figur 23: Predikert forekomst for *Crepidostomum farionis*. Hardangerfjorden med rød standardfeil, Skiensvassdraget med grønn, og Numedalslågen med blå. Prediksjonen stammer fra modellen i Tabell 9.

For parasitten *C. metoecus* hadde Litlosvatn, Laken og Langesjøen en prevalens på 100 %, men Skiftessjøen med en prevalens på 66,7 %, hadde den høyeste abundans (17,5) og infeksjonsintensitet (26,3) (Appendix 2). For *C. metoecus* er prevalensen helt lik mellom kjønnene (Figur 24). Hannene har en noe høyere abundans og intensitet enn hunnene, hvor forskjellen mellom kjønnene er svak signifikant (ANOVA; $\chi^2 = 5.97$, $p\text{-verdi} = <0,1$) (Tabell 11).



Figur 24: Prevalens, abundans og intensitet for parasitten *Crepidostomum metoecus*, fordelt på kjønn. Hann har rød farge, hunn har blå. Antall undersøkt fisk står i parentes bak kjønnene.

Det er en noe økende prevalens for aldersklassene, men høyeste er for syvåringene (66,7 %) (Tabell 10). Deretter jevner det seg ut, med unntak av åtteåringene (37,5 %). Intensiteten for denne arten viser seg å være høyere i de yngre fiskene, enn de eldre. Mens abundans er noe jevnere, med høyeste abundans på 7,4 for syvåringene. Prevalensen er økende for lengdeklassen, hvor den er omtrent 85 % i fiskene ≥ 40 cm. Abundans er også høyest for denne lengdeklassen, men høyeste infeksjonsintensitet er i fiskene mellom 25 og 30 cm.

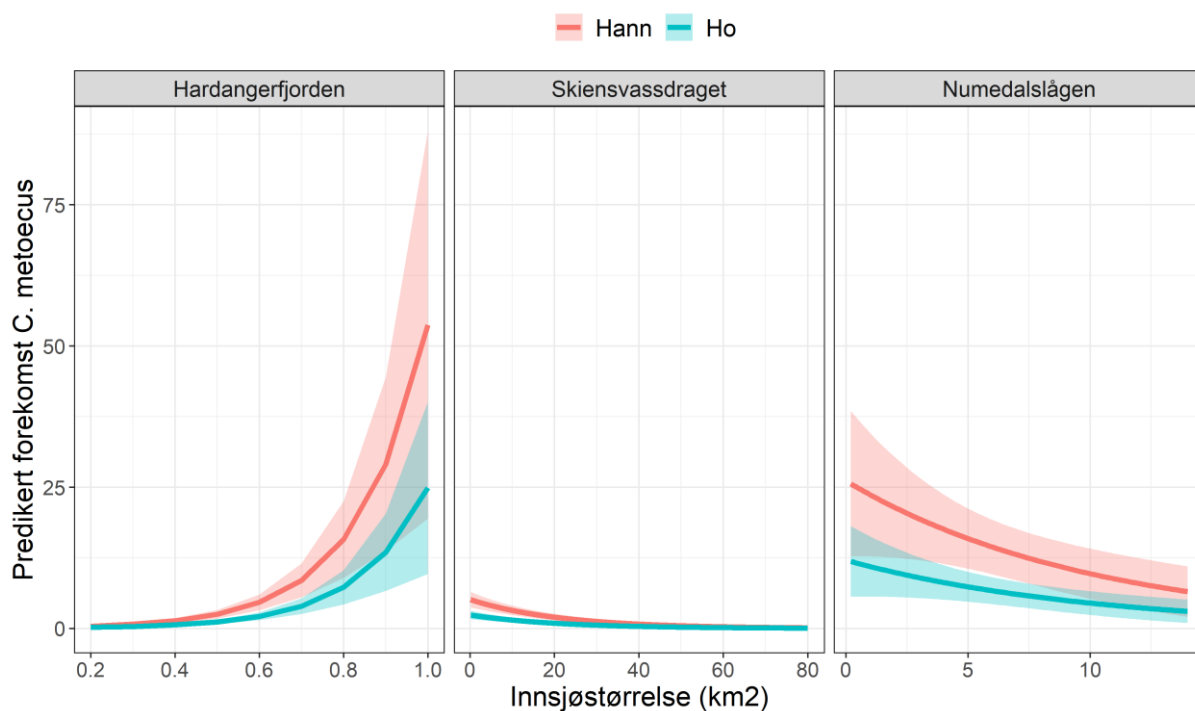
Tabell 10: Prevalens, abundans og intensitet for aldersklassene, og lengdeklassene. N er antall fisk innenfor disse klassene for *Crepidostomum metoecus*.

N	Alder	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet	N	Lengde	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
26	≤5	38,5	4,1	10,6	31	≤25	32,3	3	9,4
18	6	38,9	5,4	12,9	34	25-30	29,4	3,4	11,7
18	7	66,7	7,4	10,9	38	30-35	55,3	5,7	10,2
16	8	37,5	5,3	6,3	30	35-40	66,7	4,9	7,4
9	9	55,6	4,7	7	7	≥40	85,7	7,3	8,5
12	10	50	2,3	3,8					
41	≥11	53,7	3,2	3,8					

Modellutvelgelsen blant glm-modellene som til tilpasset intensitetsdataene for *C. metoecus* favoriserte en modell med interaksjon mellom innsjøstørrelse og utløp og additiv effekt av kjønn (Tabell 11, Appendix 6). Innsjøstørrelse (ANOVA; Chisq = 22,87), utløp (ANOVA; Chisq = 29,57) og interaksjonen mellom de to variablene (ANOVA; Chisq = 17,23) er sterk signifikant (ANOVA; p -verdi = <0,001). Kjønn hadde en svakt signifikant positiv effekt (ANOVA; Chisq = 5,97, p -verdi = <0,1), hvor det er et lavere estimat for hunnene (-2,16+-0,77). Hos hann- og hunnørret øker predikert forekomst av *C. metoecus* med en økende innsjøstørrelse i de vatna som renner ut i Hardangerfjorden. Her er den predikerte forekomsten høyest hos hannen, og dobbelt så lav hos hunn-ørreten. De vatna som renner ut i Skiensvassdraget har en lavere predikert forekomst av *C. metoecus* hos både hann og hunn ørret. Det samme gjelder de vatna som renner ut i Numedalslågen. De har også en nedgang i predikert forekomst av *C. metoecus* for hann- og hunn-ørret (Figur 25).

Tabell 11: Parameterestimat tabell(log-skala) for den utvalgte glm.nb-modellen (Appendix 6) som estimerer forekomst av *Crepidostomum metoecus* og tilhørende effekttest. (Type II Likelihood-ratio test). * = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant. $\Theta = 0,43 \pm 0,07$

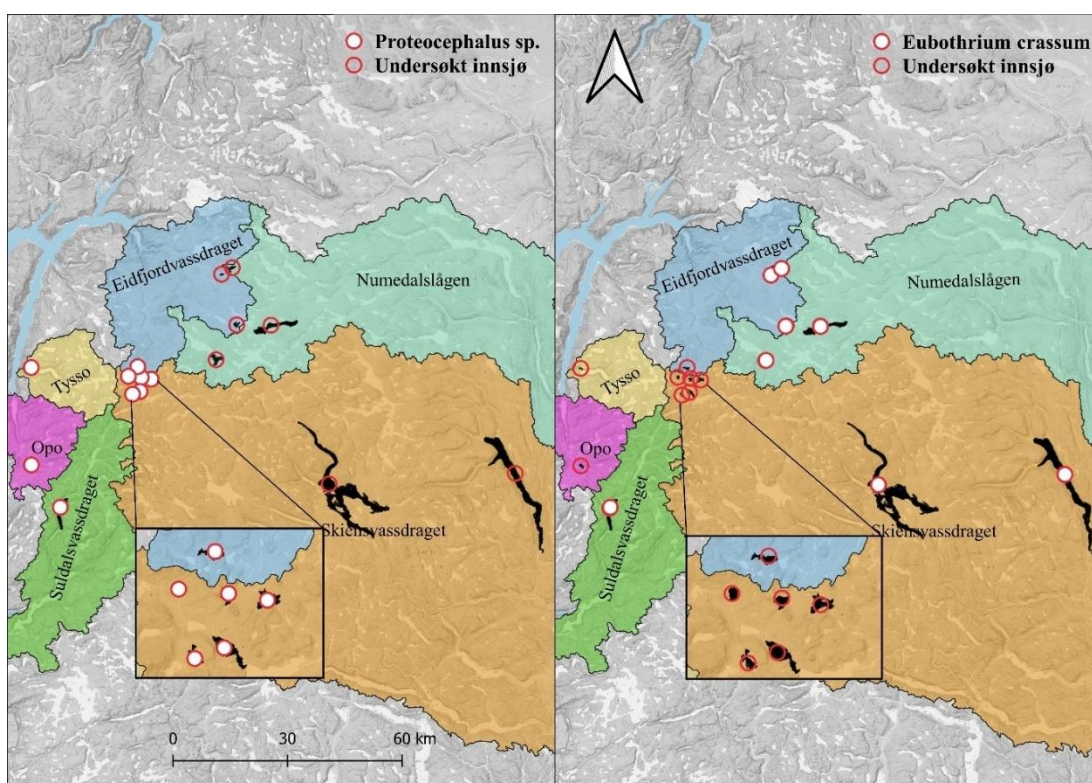
Parameterestimat			ANOVA (type II test)			
	Estimat	Std.feil	LR Chisq.	Df	p-verdi	
(Skjæringspunkt)	-2.16	0.75	Kjønn	5.97	1	<0.1 *
KjønnHo	-0.77	0.31	Innsjøstr.	22.87	1	<0.001 ***
Innsjøstr.	6.15	1.26	Utløp	29.57	3	<0.001 ***
UtløpNumedalslågen	5.43	0.91	Innsjøstr:Utløp	17.23	2	<0.001 ***
UtløpSkiensvassdraget	3.80	0.80				
Innsjøstr:UtløpNumedalslågen	-6.25	1.26				
Innsjøstr:UtløpSkiensvassdraget	-6.20	1.26				



Figur 25: Linjediagram for predikert forekomst av *Crepidostomum metoecus* med standardfeil. Figuren viser de signifikante variablene Innsjøstørrelse (km²), utløp og kjønn. Rød viser hannkjønn, og blå viser hunnene. Prediksjonen stammer fra modellen i Tabell 11.

3.3.4 *Eubothrium crassum* & *Proteocephalus* sp.

Bendelmakken *Eubothrium crassum* ble funnet i Møsvatn, Røldalsvatn, Tinnsjø, Langesjøen, Laken, Kleivshovdtjørn og Skiftessjøene (Figur 26). *Proteocephalus* sp. ble funnet i Røldalsvatn, Litlosvatn, Nedre Vassdalsvatn, Grøndalsvatn, Skadvatn, Ambjørgsvatn, Løyningsvatn, Krokavatn og Vetlavatn. Det var kun i Røldalsvatn at det ble gjort funn av begge bendelmakkartene i samme vatn, der ble det også gjort funn av begge artene i den samme fisken. Ved vatna på Litlos ble det også gjort funn av *Proteocephalus* sp. i tarmen på tur ut av ørreten.

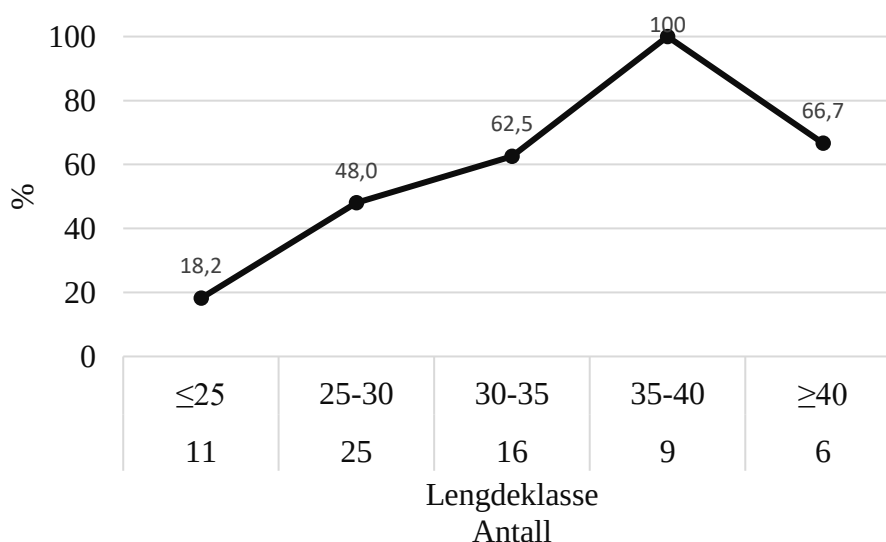


Figur 26: Geografisk forekomst av *Proteocephalus* sp. og *Eubothrium crassum* påvist i vår undersøkelse. Åpen rød sirkel viser hvilke innsjøer som er undersøkt, og fylt sirkel viser funn av *Proteocephalus* sp. og *Eubothrium crassum*.

Totalt for de vatna hvor *E. crassum* ble observert, var parasitten i 55 % av fiskene. Høyeste gjennomsnitt var i Langesjøen med 90 %, hvor 9 av 10 fisker hadde parasitten i seg (Tabell 12). Vatnet med den laveste forekomsten var Skiftessjøen, hvor 1 av 6 ørret hadde parasitten. Prevalensen for lengdeklassene viser at det blir flere observasjoner av *E. crassum*, når fiskene blir lengre (Figur 27). Fiskene som var ≤ 25 cm hadde en prevalens på 18,2 %, og denne steg til 100 % når fiskene var mellom 35 til 40 cm. Så var det en nedgang til 66,7 %, for de som var ≥ 40 cm.

Tabell 12: Prevalens og antall funn av *Eubothrium crassum* for hvert vatn hvor vi fant parasitten.

Innsjø	Prevalens	N funn
Røldalsvatnet	50 %	3/6
Vetle Skiftessjøen	33 %	2/6
Skiftessjøen	17 %	1/6
Kleivshovdtjørn	40 %	4/10
Laken	70 %	7/10
Langesjøen	90 %	9/10
Møsvatn	47 %	6/13
Tinnsjø	83 %	5/6



Figur 27: Prevalensen for *Eubothrium crassum*, fordelt på lengdeklassene. Antall fisker står under lengdeklassene.

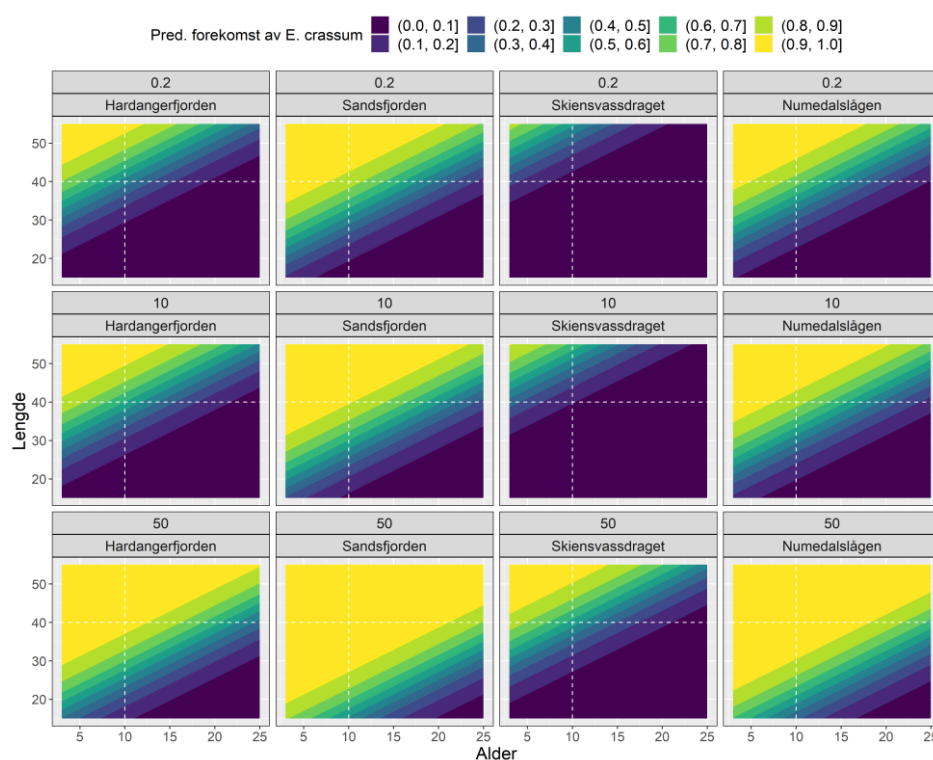
Modellutvelgelsen blant glm-modellene som ble tilpasset prevalensdataene for *E. crassum* favoriserte en modell med de additive effektene av utløp, innsjøstørrelse, lengde og alder (Tabell 13, Appendix 7). Alder hadde en sterk signifikant negativ effekt (ANOVA; Chi = 12,20, p -verdi = <0,001), mens lengde hadde sterk signifikant positiv effekt (ANOVA; Chi = 25,42, p -verdi = <0,0001). Det er en svakt signifikant positiv effekt for innsjøstørrelse (ANOVA; Chi = 4,97, p -verdi = <0,1), og utløp hadde strekt signifikant effekt (ANOVA; Chi = 23,21, p -verdi = <0,0001). Utløpet til Skiensvassdraget er den som skiller seg mest ut, i forhold til de vatna som renner ut i Hardangerfjorden. Dette utløpet er også den eneste som har en signifikant negativ forskjell. Både Sandsfjorden og Numedalslågen har en høyere estimert forekomst enn Hardangerfjorden.

Tabell 13: Parameterestimer (logit-skala) for den utvalgte modellen (Appendixtabell 7) som estimerer prevalens av *Eubothrium crassum* samt tilhørende effekttest (Anova) (Likelihood-ratio test).

* = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant.

Parameterestimat			ANOVA					
	Estimat	Std.feil		Df	Chi	Resid. Df	Resid. Dev	p-verdi
(Skjæringspunkt)	-5.56	1.59				144	164.71	
Alder	-0.22	0.14	Alder	1	12.20	143	152.51	<0.001 ***
Lengde	0.19	0.06	Lengde	1	25.42	142	127.09	<0.0001 ***
Innsjøstr.	0.06	0.02	Innsjøstr.	1	4.97	141	122.12	<0.1 *
UtløpNumedalslågen	1.25	0.72	Utløp	3	23.21	138	98.90	<0.0001 ***
UtløpSandsfjorden	1.90	0.98						
UtløpSkiersvassdraget	-2.52	1.16						

E. crassum har en økende predikert forekomst i alle de 4 utløpssonene ved økt innsjøstørrelse. Den hvite stiplede linja på figur 28 viser hvor mye den predikerte forekomsten øker/avtar hos en fisk på 10 år og 40 cm. I vatna som har utløp i Skiersvassdraget viser figuren at i en innsjø på en størrelse 0,2 km² så er den predikerte sannsynligheten for å finne *E. crassum* 0-10 %, mens i en innsjø på 50 km² så er sannsynligheten 50-60 %.

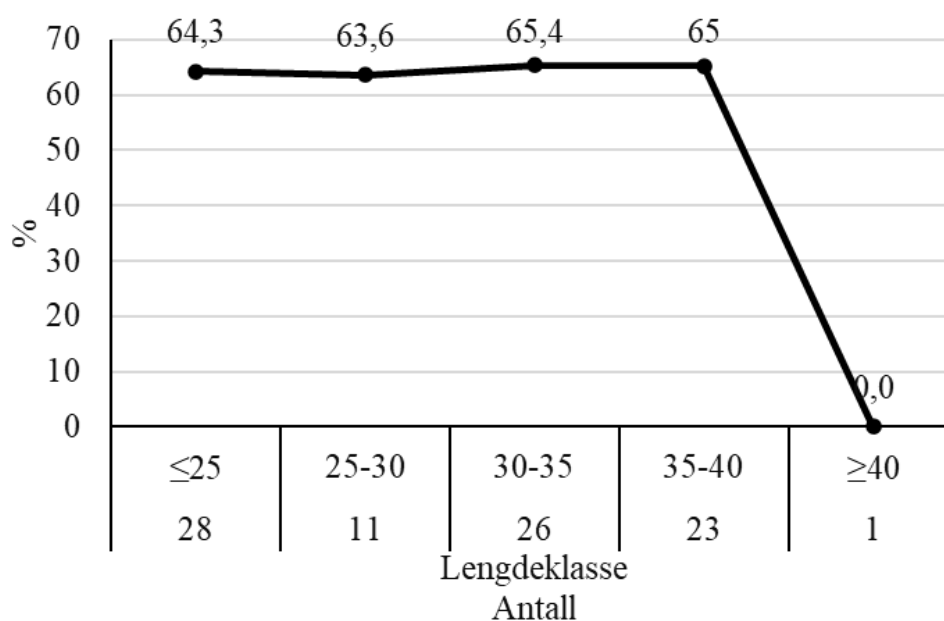


Figur 28: Predikert prevalens av *Eubothrium crassum*. Figuren har med de signifikante variablene innsjøstørrelse (km²), utløp, alder og lengde. Gul indikerer 90-100 % predikert sannsynlighet for at fiskene har parasitten i seg. Mørkeblå indikerer 0-10 % predikert sannsynlighet. Prediksjonene stammer fra modellen i Tabell 13.

Proteocephalus sp. hadde en prevalens på 69 %, når vi tar med alle undersøkte vatn hvor parasitten ble observert. 9 av 10 fisker fra både Grøndalsvatn og Løyningsvatn, hadde parasitten i seg. Det vil si at prevalensen blir 90 %, for dem begge (Tabell 14). For lengdeklassene er det lite som skiller prevalensen mellom de som er ≤ 25 til 40 cm, hvor det jevnt ligger på 63-65 % (Figur 29). Den siste lengdeklassen på de som var ≥ 40 cm, var det bare en fisk. I denne fisken ble ikke parasitten observert.

Tabell 14: Innsjø, prosent og antall funn av *Proteocephalus sp.* for hvert vatn hvor vi fant parasitten.

Innsjø	Prevalens	N funn
Litlosvatnet	80 %	12/15
Nedre Vassdalsvatnet	66 %	2/3
Ambjørgsvatnet	70 %	7/10
Grøndalsvatnet	90 %	9/10
Krokavatnet	40 %	4/10
Skadvatn	30 %	3/10
Vetlavatnet	80 %	8/10
Løyningsvatnet	90 %	9/10
Røldalsvatnet	66 %	4/6



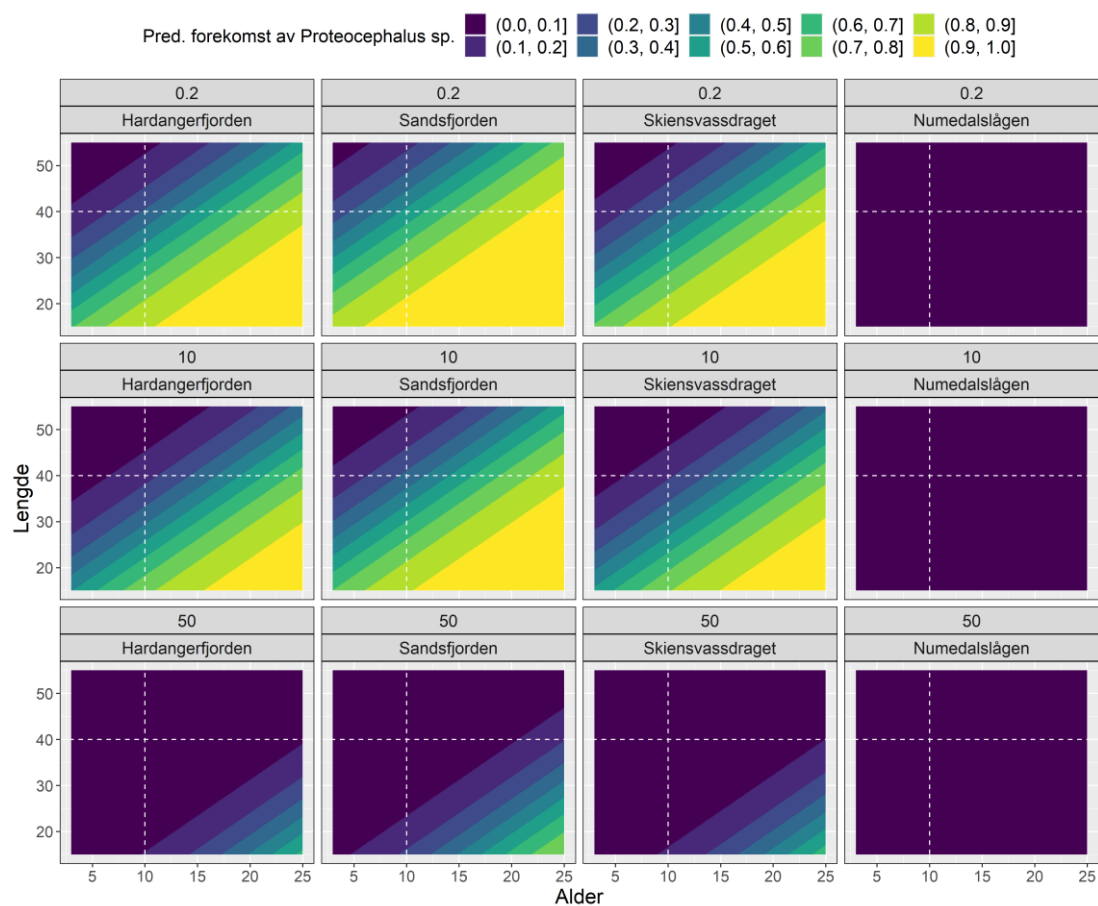
Figur 29: Prevalensen for *Proteocephalus sp.*, fordelt på lengdeklasser. Antall fisker står under lengdeklassene.

Modellutvelgelsen blant glm-modellene som ble tilpasset prevalensdataene for *Proteocephalus sp.* favoriserte en modell med de additive effektene av utløp, innsjøstørrelse, lengde og alder (Tabell 15, Appendix 8). Alder hadde en sterk signifikant positiv effekt (ANOVA; Chi =13,54, p -verdi $\leq 0,001$) på at prevalensen parasitten øker med fiskens alder. Det motsatte er for fiskens lengde, men denne hadde sterk signifikant negativ effekt (ANOVA; Chi =18,72, p -verdi $\leq 0,0001$). Dermed er prevalensen synkende med fiskens lengde. Innsjøstørrelse hadde en sterk signifikant negativ effekt (ANOVA; Chi =14,18, p -verdi $\leq 0,001$), hvor de minste innsjøene har en høyere prevalens av parasitten. For den siste variabelen utløp, er denne også sterk signifikant (ANOVA; Chi =18,37, p -verdi $\leq 0,001$). Utløp Numedalslågen har et estimat på 1,98+17,81 i forhold til Hardangerfjorden. Grunnen for dette er at det ikke ble gjort noen observasjoner av parasitten i dette vassdraget. Prevalensen er noe høyere for Sandsfjorden (0,88) enn Hardangerfjorden. For Skiensvassdraget er estimatet 0,12, i forhold til Hardangerfjorden (tabell 15).

Tabell 15: Parameterestimer (logit-skala) for den utvalgte modellen (Appendix tabell 8) som estimerer prevalens av *Proteocephalus sp.* samt tilhørende effekttest (Anova) (Likelihood-ratio test). * = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant.

Parameterestimat			ANOVA					
	Estimat	Std.feil		Df	Chi	Resid. Df	Resid. Dev	p -verdi
(Skjæringspunkt)	1.98	1.25				144	195.17	
Alder	0.18	0.08	Alder	1	13.54	143	181.63	<0.001 ***
Lengde	-0.11	0.05	Lengde	1	18.72	142	162.92	<0.0001 ***
Innsjøstr.	-0.08	0.06	Innsjøstr.	1	14.18	141	148.74	<0.001 ***
UtløpNumedalslågen	-17.81	1211.34	Utløp	3	18.37	138	130.37	<0.001 ***
UtløpSandsfjorden	0.88	1.02						
UtløpSkiensvassdraget	0.12	0.52						

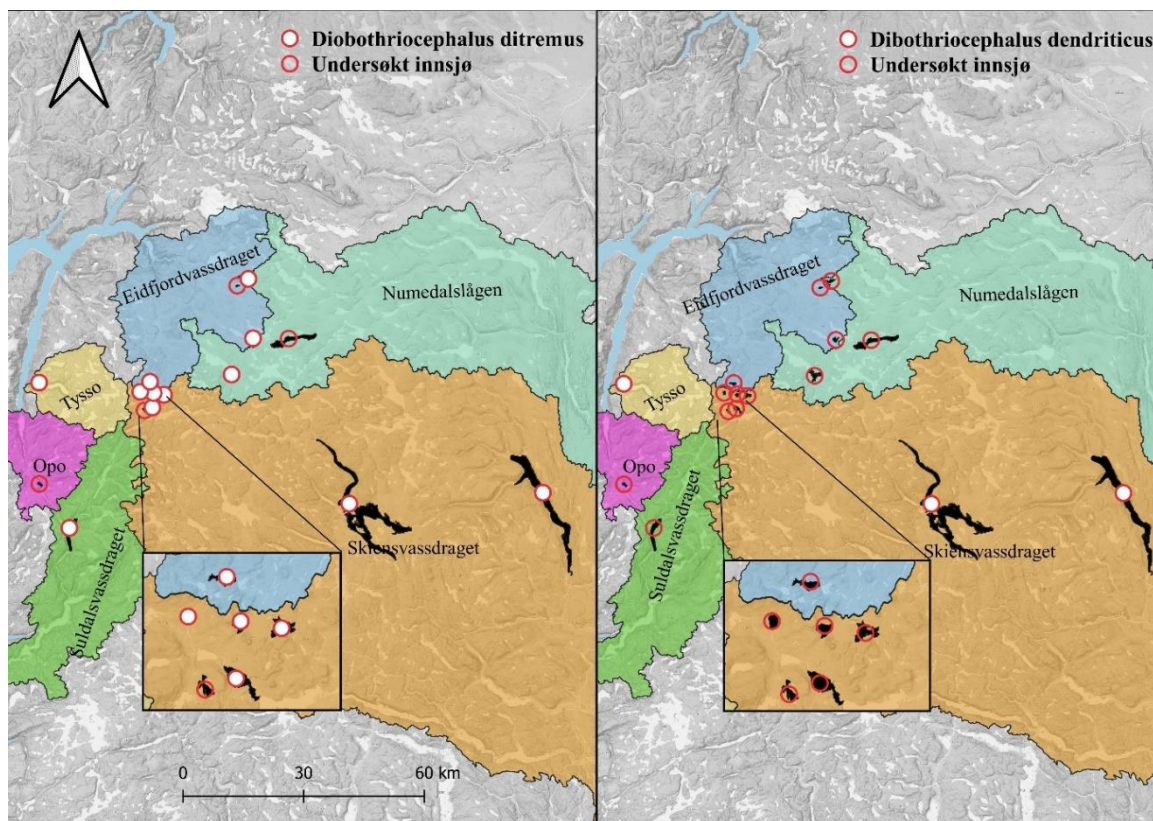
Utløpet med den høyeste predikerte forekomsten av parasitten *Proteocephalus sp.*, er Sandsfjorden, med en størrelse på 0,2 km². For en fisk på ti år og 40 cm, er det 50-60 % sjanse for at parasitten er tilstede. Når størrelsen på innsjøen er 10 km², har prevalensen gått ned til 30-40 % (Figur 30).



Figur 30: Predikert forekomst av *Proteocephalus* sp. Figuren har med de signifikante variablene innsjøstørrelse (km^2), utløp, alder og lengde. Gul indikerer 90-100 % predikert sannsynlighet for at fiskene har parasitten i seg. Mørkeblå indikerer 0-10 % predikert sannsynlighet. Prediksjonene stammer fra modellen i Tabell 15.

3.3.5 *Dibothriocephalus* sp.

Dibothriocephalus ditremus er spredd utover store deler av Hardangervidda og vatna rundt. Arten ble funnet ved de aller fleste vatna bortsett fra Litlosvatn, Løyningsvatn, Vetle Skiftesjøen og Langesjøen, henholdsvis i Suldalsvassdraget (1), Tysso (1), Eidfjordvassdraget (2), Numedalslågen (2) og Skiensvassdraget (6) (Figur 31). Parasitten *Dibothriocephalus dendriticus* er ikke like utbredt som *D.ditremus*, arten ble kun funnet i Møsvatn, Tinnsjø og Vetlavatn, i Tysso (1) og Skiensvassdraget (2).



Figur 31: Geografisk forekomst av *Dibothriocephalus ditremus* og *D. dendriticus* påvist i vår undersøkelse. Åpen rød sirkel viser hvilke innsjøer som er undersøkt, og fylt sirkel viser funn av *D. ditremus* og *D. dendriticus*.

Høyest infeksjonsintensitet var på Ambjørghvatn og Skadvatn, som begge hadde ett gjennomsnitt på 26,2 parasitter per fisk (Appendix 2). Individuer fra lengdeklassene (19 til 54 cm) og alderklassene fra 5 til 24, var infiserte. Infeksjonsintensiteten varierte mellom 1 og 155 larver, hvor Møsvatn hadde den største enkeltforekomsten av parasitten, som var en ti år gammel fisk på 33,2 cm. Sammen med dette individet var det syv andre fisker som hadde mer enn 50 larver, hvor den yngste var fem år og den eldste på 21 år. Prevalensen, abundans og intensiteten er høyest for de fiskene som er ti år. For lengdeklassene er det de lengste fiskene som har den høyeste abundans og infeksjonsintensitet (Tabell 16).

Tabell 16: Prevalens, abundans og intensitet for aldersklassene, og lengdeklassene. *n* er antall fisk innenfor disse klassene for *Dibothriocephalus ditremus*.

N	Alder	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet	N	Lengde	Prevalens (%)	Abundans	Intensitet
26	≤5	23,1	3,4	14,7	31	≤25	19,4	0,9	4,5
18	6	38,9	4,0	10,3	34	25-30	38,2	5,2	13,5
18	7	22,2	1,4	6,3	42	30-35	42,9	11,5	26,9
16	8	31,3	1,1	3,6	31	35-40	41,9	7,6	18,2
10	9	20,0	0,8	4,0	7	≥40	28,6	12,3	43,0
13	10	61,5	24,5	39,9					
44	≥11	45,5	10,9	24,1					

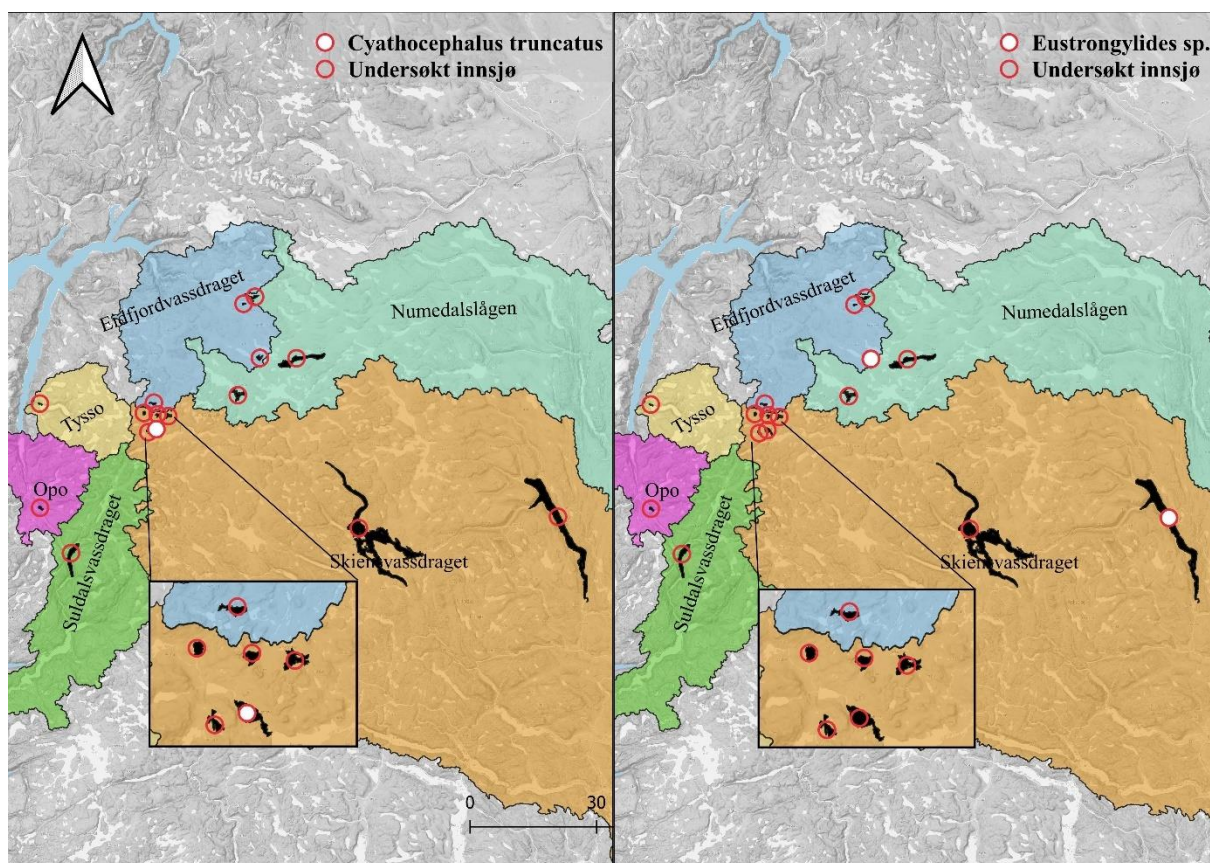
Modellutvelgelsen blant glm-modellene som ble tilpasset prevalensdataene for *D. ditremus*. favoriserte en modell med additiv effekt av utløp (Tabell 17, Appendix 9). Utløp som hadde en sterkt signifikant betydning (ANOVA; Chisq = 40,27, *p*-verdi = <0,0001). Både Skiensvassdraget og Sandsfjorden har en høyere predikert infeksjonsintensitet enn Hardangerfjorden, mens Numedalslågen har lavere predikert infeksjonsintensitet.

Tabell 17: Parameterestimat tabell(log-skala) for den utvalgte glm.nb-modellen (Appendix 9) som estimerer forekomst av *Crepidostomum metoecus* og tilhørende effekttest. (Type II Likelihood-ratio test). * = Svak signifikant, ** = Signifikant, *** = Sterk signifikant. $\theta = 0,16 \pm 0,03$

Predikert koeffisient			ANOVA (Type II test)				
	Estimat	Std.feil	LR	Chisq	Df	<i>p</i> -verdi	
(Skjæringspunkt)	0.20	0.39	Utløp	40.27	3	<0.0001	***
UtløpNumedalslågen	-1.66	0.74					
UtløpSandsfjorden	0.10	1.13					
UtløpSkiensvassdraget	2.45	0.49					

3.3.6 *Cyathocephalus truncatus* & *Eustrongylides* sp.

Parasittene *Cyathocephalus truncatus* og *Eustrongylides* sp. ble det gjort få funn av. *C. truncatus* ble funnet i 2 av 15 fisk i Litlosvatn (Figur 32). *Eustrongylides* sp. ble funnet i Tinnsjø og Kleivshovdtjørn, i Eidfjordvassdraget (1) og Skiensvassdraget (1), hvor kun en ørret fra begge vatna var infisert.



Figur 32: Geografisk forekomst av *Cyathocephalus truncatus* og *Eustrongylides* sp. påvist i vår undersøkelse. Åpen rød sirkel viser hvilke innsjøer som er undersøkt, og fylt sirkel viser funn av *Cyathocephalus truncatus* og *Eustrongylides* sp.

4. Diskusjon

Etter innsamling og undersøkelse av ørret fra de 16 vatna på og rundt Hardangervidda som har inngått i vårt masterprosjekt, ble det funnet digene ikter, bendelmakk og rundmakk som ble bestemt til *Diplostomum sp.*, *Phyllodistomum umblae*, *Cyatocephalus truncatus*, *Crepidostomum farionis*, *C. metoecus*, *Eustrongylides sp.*, *Dibothriocephalus ditremus*, *D. dendriticus*, *Nematoda*, *Proteocephalus sp.*, og *Eubothrium crassum*. Noen av artene ble ikke bestemt til art eller slekt, slik som *Diplostomum sp.*, fordi dette ville ha krevd langt mer avansert utstyr, noe som vi ikke hadde til rådighet. En annen slekt som vi har bestemt til to arter, er slekta *Crepidostomum*, som muligens kan inneholde ytterligere to arter. Disse to andre artene er beskrevet fra Island og Nord-Norge (Faltýnková et al., 2020; Slåteng, 2022), men det ville krevd DNA-analyser for identifisering av disse i vårt materiale, noe vi ikke hadde mulighet for. I tillegg fant vi også rundmakk som vi ikke har greidd å bestemme til lavere taksonomisk nivå. Dette antyder at parasittfaunaen i ørret på Hardangervidda og i vatna rundt Vidda kan bestå av flere arter enn det vi har beskrevet så langt.

Den vanligste arten var øyeikten *Diplostomum sp.* som ble funnet i 14 av de 16 undersøkte vatna. *Diplostomum sp.* har fiskeetende fugl som endelig vert, og kan dermed lett bli spredd (Palmieri et al., 1976). Fiskemåke ble observert ved samtlige parasittundersøkte vatn. Siden måker ikke er gode fiskeetere, er trolig storlom og fiskender de viktigste vertene og spredene av denne arten. Dette gjelder også for de andre artene som har larvestadiet i ørret, og med fugl som endelig vert. Mellomverten til *Diplostomum sp.* er snegler, som forekommer mest i littoralsonen i innsjøer (Faltýnková et al., 2008), og er dermed lette byttedyr for ørreten. Tettheten av infiserte snegler varierer med vanndybden (Appleton, 1983; Esch & Fernandez, 1994). I de regulerte innsjøene vi undersøkte (Møsvatn, Røldalsvatn og Tinnsjø) var antallet *Diplostomum sp.* betydelig lavere enn i de uregulerte innsjøene, og vi fant ingen individer av denne arten i Røldalsvatn. Ved alle innsjøreguleringer forsvinner store deler av bunnfaunaen innen reguleringssonen, og snegl er en av de gruppene som er følsomme for nedtappinger av magasinene (Grimås, 1962; 1964). Grunnen til at det var så få funn av *Diplostomum sp.* i ørreten fra de undersøkte reguleringsmagasinene har dermed mest sannsynlig sammenheng med at snegl går sterkt tilbake eller kan forsvinne ved større reguleringshøyder (Brabrand & Borgstrøm, 2022). Ved Nedre Vassdalsvatn ble heller ikke øyeikter funnet i ørreten. Denne innsjøen ligger 1282 moh., og er den lokaliteten som er høyestliggende av våre undersøkte innsjøer. Høyst sannsynlig er det liten forekomst av snegl i dette nærmest arktiske vatnet. Rett

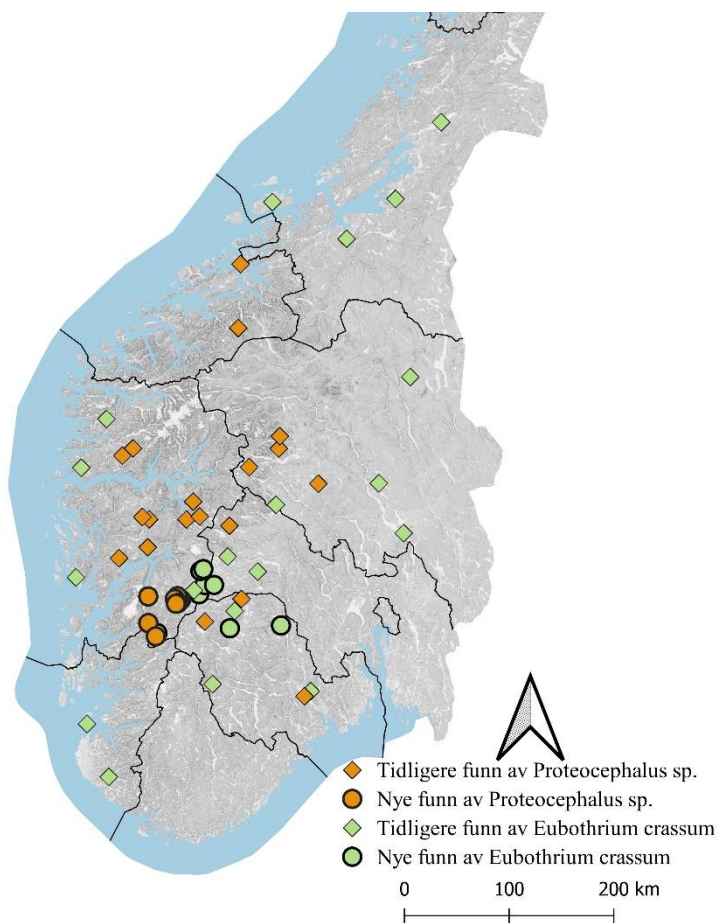
nok ble det bare undersøkt tre ørreter fra Nedre Vassdalsvatn, men med den høye prevalensen denne iktearten har i mange av de andre vatna, skulle vi forventet at den også ble påvist her. I dietten til de tre ørretene vi undersøkte fra Nedre Vassdalsvatn ble det kun funnet fjærmygg (100 %). Også ved tidligere diettundersøkelser hos ørret fra dette vatnet har fjærmygg vært helt dominerende (Borgstrøm pers. medd), men i enkelte år har for eksempel landinsekter (*Bibio pomonae*) utgjort størstedelen av mageinnholdet i august (Borgstrøm & Skartveit, 2018). Ettersom vi fant *Proteocephalus* sp. i to av tre ørreter fra Nedre Vassdalsvatn må også hoppekreps være en del av dietten til ørreten i dette vatnet.

Dibothriocephalus-artene i likhet med *Diplostomum* sp. ville vært naturlig å finne i ørret fra de fleste vatn, siden dette er arter som også har fugl som endelig vert, og har derfor ett langt større potensial for spredning enn arter som har hele livssyklusen i vatn (Esch et al., 1988). *D. ditremus* har hoppekreps som første mellomvert og ørret som andre mellomvert (Vik, 1964), og var en av de parasittene som var vanligst i ørreten i vår undersøkelse. Denne arten ble likevel ikke påvist i ørreten fra Langesjøen, Vetle Skiftessjøen, Løyningsvatn og Nedre Vassdalsvatn, og det kan antyde at det her er få eller ingen endelige verter som for eksempel fiskender og storlom, eller at ørret ikke eter mye hoppekreps i disse vatna. Hovednæringen til ørret i Langesjøen ser ut til å være marflo og småkreps (linsekreps og *Bythotrephes longimanus*), ut fra vår diettundersøkelse, og Myrvang og Slettebø (2013) sin diettundersøkelse i september måned 2012. Derfor vil det her være mindre sannsynlighet for hoppekrepseting. I Løyningsvatn derimot der ørretbestanden er tett og mye fisk går pelagisk (Borgstrøm et al., 2019) skulle det forventes hoppekrepseting, men her er det mest sannsynlig få eller ingen fiskender og lom til stede (Borgstrøm pers. medd.). Transmisjonen av parasitten påvirkes også av abiotiske faktorer som salinitet, pH og temperatur, og biotiske faktorer som tilgjengelige mellomverter og tetthet av fiskeverter (Kuhn et al., 2016a).

Et spennende funn var at det kan være en øst-vest forskjell i forekomst av de to bendelmakk-artene *Proteocephalus* sp. og *E. crassum*. *E. crassum* ble hovedsakelig funnet i de østre innsjøene (Tinnsjø, Møsvatn, Langesjøen, Laken, Kleivshovdtjørn, Skiftessjøen og Vetle Skiftessjøen), med unntak av Røldalsvatn, hvor både *E. crassum* og *Proteocephalus* sp. ble funnet. *Proteocephalus* sp. fant vi derimot i Litlosvatn, Nedre Vassdalsvatn, Skadvatn, Midtre Grøndalsvatn, Krokavatn, Ambjørgsvatn, Løyningsvatn og Vetlavatn uten å påvise *E. crassum*. Begge disse parasittartene har copepoder som mellomvert (Borgstrøm et al., 2021; Vik, 1959). *Proteocephalus* sp. har tidligere blitt funnet i

Mårvatn (Borgstrøm & Lien, 1973), som ligger mellom Møsvatn og Tinnsjø, så den forekommer også på østre deler av Vidda (Figur 33, Appendix 10). Ettersom *Proteocephalus* sp. «kvitteres» fra ørrettarmen i løpet av sensommeren (Lien & Borgstrøm, 1973), kan dette være grunnen til at vi ikke påviste *Proteocephalus* sp. i de østlige vatna i vår undersøkelse som ble undersøkt sist. På grunn av få undersøkte fisk i noen vatn, og at noen parasitter kvitteres i løpet av sommeren, kan det være tilfeldig om noen parasittarter blir funnet eller ikke. For å bedre å stadfeste tilstedeværelsen burde det derfor vært undersøkt ørret også til andre årstider enn juli-august.

Det samme kan tenkes om *C. truncatus*. Den ble kun funnet i Litlosvatn tidlig i juli, som ser ut til å være den vestligste forekomsten i Norge ut fra Vik (1958) sine undersøkelser. Parasitten er tidligere funnet i Hallingdals- og Numedalsvassdraget (Vik, 1958), men resultatene hans er fra



Figur 33: Kart over tidligere funn av parasittene *Proteocephalus* sp. (oransje firkant) og *Eubothrium crassum* (grønn firkant). De nye observasjonene i vår undersøkelse er markert med en svart sirkel, fylt med fargene grønn for *Eubothrium crassum* og oransje for *Proteocephalus* sp.

perioden januar til juni 1952, på en tid av året vi ville forvente å finne denne arten i blindsekkene i ørrettarmen. I resultatene Vik presenterte var det en liten indikasjon på at det er en nedgang i infiserte ørreter fra januar til juni. Det kan derfor godt tenkes at denne arten forekommer i flere av de vatna vi undersøkte, men at vi var for seint ute eller også for tidlig til å finne individer i ørrettarmen. Mellomverten marflo, forekom i mageinnholdet hos ørreten fra Litlosvatn, Ambjørgsvatn, Kleivshovdtjørn, Laken, Langesjøen, Vetle Skiftessjøen og Skiftessjøen, og mulig kunne det ha vært marflomakk her om infisert ørret var kommet dit, enten naturlig eller ved utsetting.

Kennedy (1977; 1987; 2009) har brukt MacArthur og Wilson (1967) biografiske øymodell på parasitter fra ferskvannsfisk fra nærliggende og avsidesliggende «øyer» (innsjøer). Han fant at det ikke var noen klar sammenheng mellom størrelsen og plasseringen av innsjøene og antall parasittarter i parasittmangfoldet. Videre konkluderte han med at lokale faktorer og tilfeldige koloniseringshendelser var hoveddeterminantene for parasittartssammensetningen. Det samme kan også tenkes med vatn på Vidda, for ørret har høyst sannsynlig blitt båret inn alt i Steinalderen (Indrelid, 2014). Hvor den utsatte fisken har kommet fra er derimot usikkert, selv om en naturlig kan tenke seg at fisk på østsiden av Vidda, kommer fra østlige vassdrag, og på vestlig side fra vassdrag i vest. Siden marflo mangler i vatna rundt Hardangerfjorden og i vestlig del av Vidda (Qvenild et al., 2020), er det lite trolig at *C. truncatus* i ørreten fra Litlosvatn stammer fra utsatt ørret fra vassdragene i Hardanger, men kommer østfra der marflo er langt mer vanlig.

I likhet med Vik (1963) sin studie, ble det også her funnet statistisk støtte for at prevalensen for *E. crassum* økte ved lengre fisk. I tillegg til at innsjøstørrelse og utløpsvassdrag hadde en signifikant påvirkning på tilstedeværelsen av parasitten. Årsaken til at lengre fisk mest sannsynlig har parasitten, kan være på grunn av at en større fisk, har behov for et større næringsopptak og av den grunn er risikoen for å få parasitten større.

For *Proteocephalus sp.* ble det funnet at alder hadde en positiv signifikant verdi for høyere infeksjon hos eldre fisk, mens for lengde ble det funnet en signifikant verdi for at mindre fisk hadde større sannsynlighet for å få parasitten. Dette resultatet kan skyldes at i flere av de vatna som vi ikke fant parasitten, ble det fanget stor fisk i forhold til alder, mens i de vatna som vi fant parasitten, ble det stort sett fanget eldre fisk, og flere av disse ørreten var små i forhold til alderen, noe som kan skyldes høy tetthet av ørret i disse vatna.

Hos noen parasittarter er det ikke uvanlig at en finner sesongmessige variasjoner, og faktorer som spiller inn her er i første rekke temperaturen, som igjen påvirker fiskens atferd og diett

(Halvorsen, 1972). Parasittene med den mest omfattende sesongdynamikken, er de som blir voksne og reproducerer i fisken. Dette er parasitter som vanlig har levetid på mindre enn ett år, hvor fisken først blir infisert på sensommeren/høsten og parasittene utvikler seg så fram til kjønnsmodne individer før de kvitteres eller dør på senvåren/sommeren. Etter at parasitten har forlatt fisken, er det en periode hvor parasitten ikke forekommer hos fiskene, før neste generasjon igjen infiserer fisken (Borgstrøm, 1970). Et typisk eksempel er gjeddass finhakete bendelmakk, *Triaenophorus nodulosus* der de kjønnsmodne individene fulle av egg kvitteres på våren, om lag når gjedda gyter, og nyinfeksjoner finner så sted gjennom hele sensommeren, høsten og vinteren, med kjønnsmodning neste vår (Borgstrøm, 1970). Denne sesongvariasjonen finner vi også hos *Proteocephalus sp.* (Lien & Borgstrøm, 1973), og antydning til dette ble observert hos flere undersøkte fisk i feltperioden juli og august 2022, da mange individer av arten ble funnet i bakre del av tarmen, trolig på vei ut av fisken. Det mest vanlige er at mange parasittarter forekommer i fisken året rundt, ved at parasitten stadig infiserer fisken, eller at parasitten har lengre levetid enn ett år (Halvorsen, 2000). Blant artene som forekommer i ørreten over lengre tid er *D. ditremus*, som i våres studie ble funnet å ha en høyere prevalens, abundans og infeksjonsintensiteten hos eldre ørret enn yngre. Dette kan da tyde på at parasitten akkumuleres i fisken over tid. Det samme kan også tenkes om iktene *P. umblae* og *Diplostomum sp.* som hadde en høyere prevalens ved økt lengde på vertsfisken, noe som også gir en større overflate sånn cercariae kan bryte igjennom fiskehuden (Karvonen et al., 2003). I tillegg var det store forskjeller på infeksjonsintensitet mellom de undersøkte vatna (Appendix 2). Denne store forskjellen kan komme av tilstedeværelsen av mellomverter og endelige verter for *Diplostomum sp.*. Det kan virke som at tilstedeværelsen av fugl bidrar til å øke forekomsten og prevalensen av parasittarten hos både fisk og snegl (Voutilainen et al., 2009).

For *C. farionis* ble det funnet at det var en signifikant effekt av alder hos ørreten på intensiteten til parasitten. Ved økende alder predikerte den utvalgte modellen at forekomsten og infeksjonsintensiteten av *C. farionis* øker. Mens for *C. metoecus* hadde alder ingen signifikant effekt. For *C. farionis* øker infeksjonsintensiteten, med økende fiskelengde, men denne effekten var ikke signifikant. Dette er noe vi ville ha forventet skulle være en viktigere faktor, da større fisk sannsynligvis eter flere insektlarver og marflo. Disse mellomvertene er store byttedyr (Soldánová et al., 2017), og fisk som eter marflo viser høy vekstrate (Hooker et al., 2017), og den positive korrelasjonen mellom *Crepidostomum sp.* og vekstraten hos fisken kan tyde på økt forbruk av disse mellomvertene (Henriksen et al., 2019).

Forekomst av parasitter på Hardangervidda, kan være med på å gi en større innsikt i ørretens koloniseringshistorie i dette fjellområdet. I de siste hundre årene er det ved flere anledninger satt ut fisk i vatn som ble ansett som fisketomme (Borgstrøm, 2016b). I Krokavatn, en av våre undersøkte lokaliteter, ble det i 1936/37 satt ut yngel tidlig på sommeren fra et klekkeri i Erdal i Eidfjord (Sekse, 2005, i brev). Dette klekkeriet benyttet grunnvann (Torbjørn Erdal, pers. medd.). Derfor er det lite sannsynlig at yngelen som ble satt ut var infisert med bendelmakkartene *Proteocephalus sp.*, siden denne arten kun har hoppekreps som mellomvert og ørret som endelig vert (Borgstrøm & Lien, 1973; Lien & Borgstrøm, 1973). Likevel var bendelmakken vanlig i vårt materiale fra Krokavatn. Disse funnene av *Proteocephalus sp.* kan tyde på at det hadde vært fisk før utsettingen i 1936/37 eller at det er satt ut infisert fisk der seinere, men DNA-analysene til Sønstebo et al. (2008); Sønstebo et al. (2007) viste samtidig at dagens fisk i Krokavatn er forskjellig fra genpoolen til ørreten lengre ned i vassdraget (Kollsvatn, Litlosvatn og Kvennsjøen). Det er derfor høyst sannsynlig at denne ulikheten skyldes den utsatte klekkerifisken, men forekomsten av *Proteocephalus sp.* kan samtidig antyde at det enten har vært noen få ørret i vatnet før utsettingen eller at det er satt ut noen få infiserte fisk som ikke har fått noen reproduktiv suksess, men likevel fått etablert *Proteocephalus* i bestanden. På 1920-tallet var det mange snørike år, som mest sannsynlig ga liten eller ingen rekruttering til en eventuell bestand i Krokavatn og andre vatn på Vestvidda (Rognerud et al., 2003; Sunde, 1937), på samme måte som vi har sett i de siste om lag 30 årene (Borgstrøm, 2016b). Dette kan være grunnen til at det kan ha vært lite fisk i flere vatn rundt Litlos utover på trettitallet, og at blant annet Krokavatn ble vurdert som fisketomt, selv om dette ikke var tilfelle.

Det samme gjelder vatna Skadvatn og Nedre Vassdalsvatn, som også ble erklært fisketomme (Eitrheim, 1941; Sekse, 2005), noe som passer dårlig med funn av *Proteocephalus sp.* i disse vatna også. I Skadvatn ble det i likhet med Krokavatn satt ut fisk fra klekkeriet i Erdal (Eidfjord), i 1937 for første gang, og i Nedre Vassdalen ble det satt ut yngel i 1947, trolig fra et klekkeri på Utne i Hardanger (Jakob H. Eitrheim pers. medd.), men i Skadvatn er det også satt ut klekkerifisk seinere (Thaulow et al., 2014).

Genetisk sammenligning mellom ørret fra Tinnsjø og Møsvatn viste ingen signifikante forskjeller, og dermed kan ørret fra Møsvatn betraktes som en delbestand fra Tinnsjø (Heggenes & Røed, 2004). Det er derfor sannsynlig at ørreten i Møsvatn stammer fra Tinnsjøen, og de parasittartene som finnes i Møsvatn og som har hele syklusen i vatn, kan opprinnelig ha kommet ved utsetting av fisk nedenfra, dvs. opprinnelig fra Tinnsjøen.

Våre prøver av ørretens mageinnhold, ga oss kun et øyeblikksbilde over fiskens diett. Ørretens diett kan variere med hvor sen isgangen er på Vidda, om isen ligger lenge, vil ikke skjoldkrepsen bli en del av dens næring før i august (Borgstrøm, 2019). I tillegg kan ørretens diett variere mellom år i de samme vatna, i for eksempel år der det forekommer massesverming av russeflue *Bibio pomonae*, i høgfjellet i Sør-Norge kan ørretmagene være proppfulle av disse fluene (Qvenild & Rognerud, 2017). På Hardangervidda er det hvert tredje år blitt registrert store forekomster av denne arten (Borgstrøm & Skartveit, 2018). Den diettanalysen vi har foretatt kan bidra til å avklare tilstedeværelse for ulike mellomverter, men på grunn av at våre samleprøver dekker en kort tidsperiode, kan det selvsagt ikke utelukke at mulige mellomverter er til stede selv om vi ikke påviste dem ved vår undersøkelse.

Ørretens habitatbruk varierer med kjønn, alder, og ikke minst bestandstetthet (Haraldstad & Jonsson, 1983). Dermed vil habitatbruken indirekte få en stor betydning for hvilke parasittarter og mengden av disse som forekommer i fisken, fordi næringsdyr og dermed tilgang på mellomverter varierer i de ulike habitatene.

Et kjennetegn for innsjøene i høyfjellet er at disse ofte er ganske grunne, og at ørreten utnytter hele vatnet (Langeland & L'Abée-Lund, 1998). Ved lave tettheter vil de fleste fiskene oppholde seg på grunt vatn i strandsonen, mens i en bestand der tettheten av fisk er stor, finner man en større andel av bestanden ute i de frie vannmassene, lengre unna strandsonen (Simonsen & Valderhaug, 1994). De større næringsdyrene finnes oftest på grunt vatn (Økland, 1983). Når disse næringsdyrene blir nedbeitet ved høye tettheter av fisk, må fisken gå over til mindre næringsdyr som for eksempel zooplankton og fjærmygg i den pelagiske delen av innsjøen (Borgstrøm, 2000). Det betyr at risikoen for å bli infisert med arter som har hoppekreps som første mellomvert øker sterkt i tette ørretbestander, dersom fiskeetende fugl er til stede. Noe som var forventet var at vi fant en signifikant positiv effekt på predikert intensitet i hannene for parasittene *Diplostomum sp.* og *C. metoecus*. Ettersom at hannørreten oppholder seg mer i littoralsonen (Haraldstad & Jonsson, 1983), er det ventet at mellomvertene snegl, musling og insektlaver er foretrukne byttedyr.

Forvaltningsmessig er det generelt viktig å ha en oversikt over parasittfaunaen i ørret, og ikke bidra til spredning av parasitter ved utsetting av ørret. Risikoen for spredning av nye parasittarter gjør at det ved utsetting av fisk må vurderes nøye hvor fisken kommer fra, og helst bruke fisk fra klekkeri/oppdrettsanlegg som kun har brukt grunnvatn, dersom utsetting er aktuelt. Siden tettheten av fisk kan påvirke infeksjonsintensiteten, vil en kunne unngå høye

infeksjoner ved å holde tettheten i ørretbestanden på et lavt nivå. Det vil samtidig sikre en god individuell vekst hos ørreten, og dermed oppnå en vinn-vinn-effekt. Derfor anbefales det at tette ørretbestander beskattes hardt, for både å redusere infeksjonsrisikoen og i tillegg oppnå bedre individuell vekst hos ørret.

5. Konklusjon

Denne studien har hatt som utgangspunkt å kartlegge parasittfaunaen i ørret på og rundt Hardangervidda. Forekomsten av parasitter på Vidda er ikke tidligere blitt dokumentert i større skala, og selv etter vår studie om utbredelsen av de forskjellige parasittartene, er det fortsatt behov for en utvidet innsats med undersøkelse av flere vatn og til andre tider på året enn hva vi gjorde, for å fange opp de sesongmessige variasjonene hos enkelte parasittarter.

For de parasittartene som hadde fugl som endelig vert ble det funnet en geografisk tilfeldig forekomst. Fugl har mulighet til å forflytte seg over store områder, og kan på den måten spre slike parasittarter artene til nye vatn, så lenge mellomverten er til stede i det vatnet de blir spredd til. Bendelmakkarten *Proteocephalus sp.* og *Eubothrium crassum* virket å forekomme mer adskilt i vatna på Vidda, med *E. crassum* som den dominerende arten på østlig side av Vidda, og *Proteocephalus sp.* som dominerende på den vestlige siden. Denne fordelingen kan ha noe med hvor ørreten opprinnelig kom fra da den ble etablert på Vidda.

Parasittartene som forekom i fisken året rundt viste seg å være positivt korrelert med alderen, da disse artene akkumuleres over tid og infeksjonsintensiteten og abundans er høyere hos disse fiskene. I tillegg ble det funnet at for noen av artene at infeksjonsintensiteten økte hos lengre fisk, da disse større fiskene har et større næringsopptak og har større sannsynlighet for å få parasitten av den grunn. Det ble ikke funnet noen tydelige forskjeller på infeksjonsintensitet mellom kjønnene hos ørret.

Et overaskende funn var at de innsjøene som ble erklært fisketomme på tretti-førtitallet, og som hadde fått satt ut ørretyngel fra settefiskanlegg, var infisert med parasittarter som hadde hele sin livssyklus i vatn. Dette kan tyde på at disse vatna ikke har vært fisketomme, men at det har vært noen få ørret der før utsetting av ørretyngel, eller at infisert ørret er blitt satt ut, og *Proteocephalus sp.* har på denne måten klart å etablere seg i ørretbestanden i disse vatna.

Referanseliste

- Amundsen, P.-A. (1989). Effects of intensive fishing on food consumption and growth of stunted Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) in Takvatn, northern Norway. *Physiology and Ecology Japan*, 1: 265-278.
- Andersen, K. I. & Gibson, D. I. (1989). A key to three species of larval *Diphyllbothrium* Cobbold, 1858 (Cestoda: Pseudophyllidea) occurring in European and North American freshwater fishes. *Systematic Parasitology*, 13 (1): 3-9. doi: 10.1007/BF00006946.
- Anon. (1974). Hardangervidda. Natur – Kulturhistorie -Samfunnsliv. *NOU 1947* (30B): 352.
- Appleton, C. (1983). Studies on *Austroilharzia terrigalensis* (Trematoda: Schistosomatidae) in the Swan Estuary, Western Australia: Frequency of infection in the intermediate host population. *International Journal for Parasitology*, 13 (1): 51-60. doi: 10.1016/S0020-7519(83)80065-4.
- Bakke, T. A. (1984). A Redescription of Adult *Phyllodistomum umblae* (Fabricius) (Digenea, Gorgoderidae) from *Salvelinus alpinus* (L.) in Norway. *Zoologica Scripta*, 13 (2): 89-99. doi: 10.1111/j.1463-6409.1984.tb00026.x.
- Bakke, T. A. (1988). Morphology of adult *Phyllodistomum umblae* (Fabricius)(Platyhelminthes, Gorgoderidae): the effect of preparation, killing and fixation procedures. *Zoologica Scripta*, 17 (1): 1-13.
- Blanchet, S., Rey, O. & Loot, G. (2010). Evidence for host variation in parasite tolerance in a wild fish population. *Evolutionary Ecology*, 24 (5): 1129-1139. doi: 10.1007/s10682-010-9353-x.
- Borgstrøm, R. (1970). Studies of the helminth fauna of Norway XVI. *Trienophorus nodulosus* (Pallas, 1760)(Cestoda) in Bogstad Lake. III. Occurrence in pike, *Esox lucius* L. *Nytt magasin for zoologi*, 18 (2): 209-216.
- Borgstrøm, R. & Lien, L. (1973). Studies of the helminth fauna of Norway. XXX. Description of *Proteocephalus* sp. Weinland, 1858 (Cestoda, Proteocephala) in brown trout, *Salmo trutta* L. from southern Norway. *Norwegian Journal of Zoology*, 21: 289-291.
- Borgstrøm, R. (2000). Fiskesamfunn i sønorske høvfjellssjøer. I: Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (red.) *Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*, s. 74-82. Oslo: Landbruksforlaget.
- Borgstrøm, R. (2001). Relationship between spring snow depth and growth of brown trout, *Salmo trutta*, in an alpine lake: predicting consequences of climate change. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 33 (4): 476-480. doi: 10.1080/15230430.2001.12003457.
- Borgstrøm, R. (2016a). Auren på Hardangervidda er sterkt påverka av klimatilhøve. *Naturen*, 140 (4): 147-155. doi: 10.18261/issn.1504-3118-2016-04-02.

- Borgstrøm, R. (2016b). Fiske og Fiskeutsetjingar i Ullensvang statsallmenning. *Hardanger historielag*: 79-89.
- Borgstrøm, R. & Skartveit, J. (2018). Russefluga (*Bibio pomonae*): Eit viktig insekt i høgfjellsøkosystemet. *Naturen*, 142 (1): 20-24. doi: 10.18261/issn.1504-3118-2018-01-04.
- Borgstrøm, R. (2019). Vil ei klimaendring føra til utrydding av artar i nordlege økosystem? *Naturen*, 143 (5): 192-204. doi: 10.18261/issn.1504-3118-2019-05-03.
- Borgstrøm, R., Bergum, K., Børresen, T. E. & Svenning, M. A. (2019). Gillnet catchability of brown trout *Salmo trutta* is highly dependent on fish size and capture site. *Fauna norvegica*, 39: 30-38. doi: 10.5324/fn.v39i0.2536.
- Borgstrøm, R. (2021). Marflomakken *Cyathocephalus truncatus*: En skummel parasitt for fisk som har marflo på dietten. *Naturen*, 145 (4): 213-216. doi: 10.18261/issn.1504-3118-2021-04-07.
- Borgstrøm, R., Mestrand, Ø. H., Brittain, J. E. & Lien, L. (2021). The helminth fauna of brown trout (*Salmo trutta*) from a sub-alpine lake revisited after 40 years with introduced European minnow (*Phoxinus phoxinus*). *Fauna norvegica*, 41: 15-26. doi: 10.5324/fn.v41i0.3952.
- Borgstrøm, R. (2022). Ørekyt i høgfjellsvatn kan gje auka parasittinfeksjon hos aure. *Naturen*, 146 (1): 56-60. doi: 10.18261/naturen.146.1.7.
- Brabrand, Å. & Borgstrøm, R. (2022). Magasinmanøvrering: Effekt på næringsdyr og fisk. *Naturen*, 146 (5): 199-207. doi: 10.18261/naturen.146.5.5.
- Bristow, G. A. (1993). Parasites of Norwegian freshwater salmonids and interactions with farmed salmon—a review. *Fisheries Research*, 17 (1): 219-227. doi: 10.1016/0165-7836(93)90021-X.
- Brugni, N. L. & Viozzi, G. P. (1999). Presence of *Eustrongylides* sp.(Jägerskiöld, 1909)(Nematoda: Dioctophymatoidea) in *Galaxias maculatus* (Jenyns, 1842)(Pisces: Galaxiidae) from Patagonia, Argentina. *Journal-Helminthological society washington*, 66: 92-94.
- Bykhovskaya-Pavlovskaya, I. E. (1964). *Key to parasites of freshwater fish of the USSR*: Israel Program for Scientific Translations.
- Byrkjedal, I. & Håland, A. (1985). Dyrelivet på Europas største høfjellsvide. I: Barth, E. K. (red.) *Hardangervidda, Norges nasjonalparker 11*, s. 66-96. Oslo: Luther forlag.
- Crowden, A. & Broom, D. (1980). Effects of the eyefluke, *Diplostomum spathaceum*, on the behaviour of dace (*Leuciscus leuciscus*). *Animal Behaviour*, 28 (1): 287-294. doi: 10.1016/S0003-3472(80)80031-5.
- Dahl, K. (1917). Studier og forsøk over ørret og ørretvand. *Centraltrykkeriet, Kristiania*, 107.
- Eitrheim, H. (1941). *Utsetting av fiskeyngel i Vassdalen*. Odda.

- Esch, G., Kennedy, C., Bush, A. & Aho, J. (1988). Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitology*, 96 (3): 519-532.
- Esch, G. W. & Fernandez, J. C. (1994). Snail-trematode interactions and parasite community dynamics in aquatic systems: A review. *American Midland Naturalist*, 131 (2): 209-237. doi: 10.2307/2426248.
- Faltýnková, A., Valtonen, E. T. & Karvonen, A. (2008). Spatial and temporal structure of the trematode component community in *Valvata macrostoma* (Gastropoda, Prosobranchia). *Parasitology*, 135 (14): 1691-1699. doi: 10.1017/S0031182008005027.
- Faltýnková, A., Georgieva, S., Kostadinova, A., Blasco-Costa, I., Scholz, T. & Skírnisson, K. (2014). *Diplostomum* von Nordmann, 1832 (Digenea: Diplostomidae) in the sub-Arctic: descriptions of the larval stages of six species discovered recently in Iceland. *Systematic Parasitology*, 89 (3): 195-213. doi: 10.1007/s11230-014-9517-0.
- Faltýnková, A., Pantoja, C., Skírnisson, K. & Kudlai, O. (2020). Unexpected diversity in northern Europe: trematodes from salmonid fishes in Iceland with two new species of *Crepidostomum* Braun, 1900. *Parasitology Research (1987)*, 119 (8): 2439-2462. doi: 10.1007/s00436-020-06724-1.
- Fox, J., Weisberg, S., Adler, D., Bates, D., Baud-Bovy, G., Ellison, S., Firth, D., Friendly, M., Gorjanc, G. & Graves, S. (2012). Package ‘car’. *Vienna: R Foundation for Statistical Computing*, 16.
- Grimnes, A. & Jakobsen, P. J. (1996). The physiological effects of salmon lice infection on post-smolt of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology*, 48 (6): 1179-1194. doi: 10.1111/j.1095-8649.1996.tb01813.x.
- Grimås, U. (1962). The effect of increased water level fluctuation upon the bottom fauna in Lake Blåsjön, northern Sweden. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 44: 14-41.
- Grimås, U. (1964). Studies on the bottom fauna of impounded lakes in southern Norway. *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 45: 94-104.
- Halvorsen, O. (1972). Studies of the helminth fauna of Norway: XX. Seasonal cycles of fish parasites in the River Glomma. *Norwegian Journal of Zoology*, 20: 9-18.
- Halvorsen, O. & Andersen, K. (1984). The ecological interaction between arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), and the plerocercoid stage of *Diphyllbothrium ditremum*. *Journal of Fish Biology*, 25 (3): 305-316.
- Halvorsen, O. (2000). Parasitter hos ferskvannsfisk. I: Borgstrøm, R. & Hansen, L. P. (red.) *Fisk i ferskvann. Et samspill mellom bestander, miljø og forvaltning*, s. 154-171. Oslo: Landbruksforlaget.
- Haraldstad, Ø. R. & Jonsson, B. (1983). Age and sex segregation in habitat utilization by brown trout in a Norwegian lake. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112 (1): 27-37.

- Hatleli, Ø. (2012). *The helminth fauna of brown trout (Salmo trutta) in the lake, Øvre Heimdalsvatn, before and after the establishment of a large population of the invasive species, European minnow (Phoxinus phoxinus)*. Ås: Norwegian university of life sciences.
- Haugen, P., Hemmingsen, W. & MacKenzie, K. (2008). The distribution of Eustrongylides sp.(Nematoda: Dioctophymatoidea) in brown trout Salmo trutta L. in the River Otra in southern Norway. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 28 (4): 138-143.
- Heggenes, J. & Røed, K. H. (2004). *Fører kraftutbygging til økt genetisk mangfold hos ørret? Undersøkelse av villfisk fra Tinnsjø, Måna og Møsvatn i Telemark*. Porsgrunn: Høgskolen i Telemark.
- Henriksen, E. H., Smalås, A., Strøm, J. F. & Knudsen, R. (2019). The association between parasite infection and growth rates in Arctic charr: do fast growing fish have more parasites? *Hydrobiologia*, 840 (1): 261-270. doi: 10.1007/s10750-018-3865-8.
- Hickey, M. & Harris, J. (1947). Progress of the Diphyllbothrium epizootic at Poulaphouca Reservoir, Co. Wicklow, Ireland. *Journal of Helminthology*, 22 (1): 13-28.
- Hjeljord, O. (2021). Fuglelivet på vestvidda. I: Andersen, H. (red.) *Hundre år på Hardangervidda. Litlos turisthytte 1922-2022*, s. 124-133. Oslo: DNT Oslo og Omegn.
- Hooker, O. E., Van Leeuwen, T. E. & Adams, C. E. (2017). The physiological costs of prey switching reinforce foraging specialization. *Journal of Animal Ecology*, 86 (3): 605-614. doi: 10.1111/1365-2656.12632.
- Huitfeldt-Kaas, H. (1927). *Cyathocephalus truncatus* Pall: als Ursache von Fisch-Epizootien.
- Indrelid, S. (2014). *Oppdagelser på Hardangervidda*. Kvinnherad: Nord 4.
- Karvonen, A., Paukku, S., Valtonen, E. & Hudson, P. (2003). Transmission, infectivity and survival of Diplostomum spathaceum cercariae. *Parasitology*, 127 (3): 217-224. doi: 10.1017/S0031182003003561.
- Karvonen, A., Cheng, G.-H., Seppälä, O. & Valtonen, E. T. (2006). Intestinal distribution and fecundity of two species of Diplostomum parasites in definitive hosts. *Parasitology*, 132 (3): 357-362. doi: 10.1017/S0031182005009091.
- Kearn, G. C. (1998). *Parasitism and the Platyhelminths*. 1998 ed. utg.: Chapman and Hall.
- Kennedy, C. (1977). The regulation of fish parasite populations. *Regulation of parasite populations*: 63-109.
- Kennedy, C. (2009). The ecology of parasites of freshwater fishes: the search for patterns. *Parasitology*, 136 (12): 1653-1662. doi: 10.1017/S0031182009005794.
- Kennedy, C. R. (1975). *Ecological animal parasitology*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.

- Kennedy, C. R. (1978). An analysis of the metazoan parasitocoenoses of brown trout *Salmo trutta* from British lakes. *Journal of Fish Biology*, 13 (2): 255-263.
- Knudsen, R. (1995). Relationships between habitat, prey selection and parasite infection in Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*). *Nordic Journal of Freshwater Research (Sweden)* (71): 333-344.
- Knudsen, R., Klemetsen, A. & Staldvik, F. (1996). Parasites as indicators of individual feeding specialization in Arctic charr during winter in northern Norway. *Journal of fish biology*, 48 (6): 1256-1265.
- Knudsen, R. (1997). *Relationships Between Parasite Infection and Feeding Behaviour in Arctic Charr (Salvelinus Alpinus (L.))*: University of Tromsø.
- Kostveit, Å. Ø. (2007). *Hesten i myter og folkekultur*. Oslo: Tun Forlag.
- Kuhn, J. A., Frainer, A., Knudsen, R., Kristoffersen, R. & Amundsen, P. A. (2016a). Effects of fish species composition on *Diphyllbothrium* spp. infections in brown trout—is three-spined stickleback a key species? *Journal of Fish Diseases*, 39 (11): 1313-1323. doi: 10.1111/jfd.12467.
- Kuhn, J. A., Knudsen, R., Kristoffersen, R., Primicerio, R. & Amundsen, P. A. (2016b). Temporal changes and between-host variation in the intestinal parasite community of Arctic charr in a subarctic lake. *Hydrobiologia*, 783 (1): 79-91. doi: 10.1007/s10750-016-2731-9.
- Langeland, A. & L'Abée-Lund, J. H. (1998). An experimental test of the genetic component of the ontogenetic habitat shift in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Ecology of Freshwater Fish*, 7 (4): 200-207. doi: 10.1111/j.1600-0633.1998.tb00187.x.
- Lien, L. & Borgstrøm, R. (1973). Studies of the helminth fauna of Norway. XXXI: Distribution and seasonal occurrence of *Proteocephalus* sp. Weinland, 1858 (Cestoda: Proteocephala) in brown trout, *Salmo trutta* L., from Southern Norway. *Norwegian Journal of Zoology*, 21: 293-297.
- Lühe, M. (1910). Parasitische Plattwürmes II Cestodes. *Die Süsswasserfauna Deutschlands*, 142: 20-21.
- MacArthur, R. H. & Wilson, E. O. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton, N.J.: Princeton university press.
- Mazerolle, M. J. & Mazerolle, M. M. J. (2017). Package 'AICcmodavg'. *R package*, 281.
- McCullagh, P. & Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models. 2nd edition*. London: Chapman & Hall.
- Myrvang, R. & Slettebø, D. (2013). *Historiske aurebestander (Salmo trutta) på Sentralvidda: endringer i bestandsstruktur og livshistorietrekk som følge av endring i beskatning og variasjon i klimaforhold*. Ås: Norwegian University of Life Sciences.
- Nachev, M., Schertzinger, G. & Sures, B. (2013). Comparison of the metal accumulation capacity between the acanthocephalan *Pomphorhynchus laevis* and larval nematodes

- of the genus *Eustrongylides* sp. infecting barbel (*Barbus barbus*). *Parasites & Vectors*, 6 (1): 1-8. doi: 10.1186/1756-3305-6-21.
- Nybelin, O. & Vik, R. (1965). Parasiter och parasitsjukdomar hos våra sötvattensfiskar. *Sportsfiske i Norden. Bd, 2*: 399-434.
- Olk, T. R., Henriksen, A.-C., Dolven, S. I., Haukø, M. L., Lydersen, E. & Mo, T. A. (2020). Factors determining parasite abundance in European perch, *Perca fluviatilis*, European whitefish, *Coregonus lavaretus*, and Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, in an oligotrophic lake, southern Norway. *Fauna norvegica*, 40: 109-129. doi: 10.5324/fn.v40i0.3444.
- Palmieri, J. R., Heckmann, R. A. & Evans, R. S. (1976). Life cycle and incidence of *Diplostomum spathaceum* Rudolphi (1819)(Trematoda: Diplostomatidae) in Utah. *Great Basin Naturalist*, 36 (1): 86-96.
- Qvenild, T. (2004). *Hardangervidda: fiske og fjellliv*. Oslo: Naturforlaget. Bokklubben villmarksliv.
- Qvenild, T. & Rognerud, S. (2017). Mass aggregations of *Bibio pomonae* (Insecta: Diptera: Bibionidae), an indication of climate change? *Fauna norvegica*, 37: 1-12. doi: 10.5324/fn.v37i0.2194.
- Qvenild, T., Hesthagen, T. & Fjellheim, A. (2020). The freshwater shrimp *Gammarus lacustris* (Malacostraca, Amphipoda) in lakes on the Hardangervidda mountain plateau, southern Norway: distribution and environmental requirements. *Fauna norvegica*, 40: 1-21. doi: 10.5324/fn.v40i0.3101.
- R Development Core Team. (2022). *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Tilgjengelig fra: <http://www.R-project.org>.
- Rognerud, S., Borgstrøm, R. & Qvenild, T. (2003). *Ørreten på Hardangervidda. Næringsnett, kvikksølvinnhold, ørekytespredning og klimavariasjoner-følger for fiske og forvaltning*. NIVA-rapport, 2003, 8257743828: Norsk institutt for vannforskning.
- Sekse, T. (2005). *Vedkomande utsetjing av aure i vatn på Ullensvang statsallmenning*. Kinsarvik.
- SeNorge. (u.å.). *Snødybde*. Tilgjengelig fra: <https://senorge.no/> (lest 05.02.2023).
- Simonsen, T. A. A. & Valderhaug, N. A. (1994). *Bestandsdynamikk, habitatbruk og ernæring for aure i Litlosvatn : ein innsjø på Hardangervidda : hovudoppgåve*. Ås: Forfatterne.
- Skogsholm, H. (1990). *Infeksjon av tarmparasitter hos en røyepopulasjon*. Tromsø: Universitetet i Tromsø.
- Slåteng, S. (2022). *Molecular study of digenean diversity in aquatic organisms in northern Norway, with a focus on the seasonality of Crepidostomum [Braun, 1900]*. Tromsø: UiT Norges arktiske universitet.
- Soldánová, M., Georgieva, S., Roháčová, J., Knudsen, R., Kuhn, J. A., Henriksen, E. H., Siwertsson, A., Shaw, J. C., Kuris, A. M. & Amundsen, P.-A. (2017). Molecular

- analyses reveal high species diversity of trematodes in a sub-Arctic lake. *International Journal for Parasitology*, 47 (6): 327-345. doi: 10.1016/j.ijpara.2016.12.008.
- Sunde, S. (1937). Hardangervidda i vest. *Stangfiskeren (Oslo sportsfiskeres årbok 1937)*: 31-35.
- Sønstebø, J., Borgstrøm, R. & Heun, M. (2008). High genetic introgression in alpine brown trout (*Salmo trutta* L.) populations from Hardangervidda, Norway. *Ecology of Freshwater Fish*, 17 (1): 174-183. doi: 10.1111/j.1600-0633.2007.00271.x.
- Sønstebø, J. H., Borgstrøm, R. & Heun, M. (2007). Genetic structure of brown trout (*Salmo trutta* L.) from the Hardangervidda mountain plateau (Norway) analyzed by microsatellite DNA: a basis for conservation guidelines. *Conservation Genetics*, 8 (1): 33-44. doi: 10.1007/s10592-006-9145-6.
- Thaulow, J., Borgstrøm, R. & Heun, M. (2014). Genetic persistence of an initially introduced brown trout (*Salmo trutta* L.) population despite restocking of foreign conspecifics. *Ecology of freshwater fish*, 23 (4): 485-497. doi: 10.1111/eff.12102.
- Thomas, J. D. (1964). Studies on Populations of Helminth Parasites in Brown Trout (*Salmo trutta* L.). *Journal of Animal Ecology*, 33 (1): 83-95. doi: 10.2307/2350.
- Thorsnæs, G. (2023). *Hardangervidda*. snl.no: Store norske leksikon. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/Hardangervidda> (lest 24. april).
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S, Fourth edition*. New York.
- Vik, R. (1958). Studies of the helminth fauna of Norway. II. Distribution and life cycle of *Cyathocephalus truncatus* (Pallas, 1781)(Cestoda). *Nytt Magasin for Zoologi*, 6: 97-110.
- Vik, R. (1959). Bendelorm hos ferskvannsfisk i Norge. *Norges Jeger-og Fiskerforbund, Johansen & Nielsen Boktrykkeri, Oslo, Norway*: 55.
- Vik, R. (1961). *Parasitter og sykdommer hos våre ferskvannsfisk*, 2: Stavanger.
- Vik, R. (1963). Studies of the helminth fauna of Norway. IV. Occurrence and distribution of *Eubothrium crassum* (Bloch, 1779) and *E. salvelini* (Schränk, 1790)(Cestoda) in Norway, with notes on their life cycles. *Nytt Magasin for Zoologi*, 11: 47-73.
- Vik, R. (1964). The genus *Diphyllbothrium*: an example of the interdependence of systematics and experimental biology. *Experimental Parasitology*, 15 (4): 361-380.
- Voutilainen, A., van Ooik, T., Puurtinen, M., Kortet, R. & Taskinen, J. (2009). Relationship between prevalence of trematode parasite *Diplostomum* sp. and population density of its snail host *Lymnaea stagnalis* in lakes and ponds in Finland. *Aquatic Ecology*, 43 (2): 351-357. doi: 10.1007/s10452-008-9203-x.
- Vaa, J. (2009). Langs Kvenna - før og no. *Tidsskrift for Telemark historielag*, 30: 238.

Yanong, R. P. (2002). *Nematode (Roundworm) infections in fish*. Gainesville: University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS.

Økland, J. (1983). *Ferskvannets verden: Planter og dyr: økologisk oversikt*. Oslo: Universitetsforlaget.

Appendix

Appendix 1: Overordnet tabell som viser undersøkt vatn, vassdrag, utløp, Dato ved fangst, meter over havet (MOH), Metode for fangst av ørret, antall satte garn (N garn), antall fanget ørret (N fanget ørret), om vatna er regulert (R = regulert, UR = Uregulert), lengde- og breddegrad. * = 20 fisket med garn, tre med stang.

Undersøkt vatn	Vassdrag	Utløp	Dato	MOH	Metode	N garn	N fanget ørret	Status	Lat	Long
Litiosvatnet	Skien vassdraget	Skien vassdraget	27.07.2022	1170	Garn	7	37	UR	60.0860895	7.1419762
Nedre										
Vassdalsvatnet	Skien vassdraget	Skien vassdraget	07.2022	1282	Stang	-	3	UR	60.0785187	7.1051533
Ambjørsvatnet	Skien vassdraget	Skien vassdraget	01.08.2022	1269	Garn	5	41	UR	60.1140062	7.1876756
Grøndalsvatnet	Eidfjord vassdraget	Hardangerfjorden	31.07.2022	1268	Garn	6	45	UR	60.140352	7.1301044
Krokavatnet	Skien vassdraget	Skien vassdraget	30.07.2022	1236	Garn/Stang	5	23*	UR	60.1191143	7.0847149
Skadvatn	Skien vassdraget	Skien vassdraget	28.07.2022	1246	Garn	6	22	UR	60.1146912	7.1446806
Vetlavatnet	Tysso	Hardangerfjorden	07.2022	415	Garn	?	6	UR	60.1321417	6.6224079
Løyningvatnet	Opo	Hardangerfjorden	06.2022	593	Garn	?	10	UR	59.9043521	6.644759
Røldalsvatnet	Suldals vassdraget	Sandsfjorden	07.2022	380	Stang	-	6	R	59.8055491	6.7785263
Vetle Skiftessjøen	Eidfjord vassdraget	Hardangerfjorden	08.2022	1220	Garn	?	6	UR	60.3647369	7.5118451
Skiftessjøen	Numedalslågen	Numedalslågen	08.2022	1236	Garn	?	6	UR	60.3803587	7.5621944
Kleivshovdtjønn	Eidfjord vassdraget	Hardangerfjorden	10.08.2022	1215	Garn	4	28	UR	60.2467871	7.5813734
Laken	Numedalslågen	Numedalslågen	12.08.2022	1243	Garn	4	21	UR	60.1677019	7.4873577
Langesjøen	Numedalslågen	Numedalslågen	14.08.2022	1206	Garn	?	10	UR	60.2478948	7.7517043
Møsvatn	Skien vassdraget	Skien vassdraget	08.2022	919	Oversiktsgarn	?	13	R	59.8579407	8.0979582
Tinnsjø	Skien vassdraget	Skien vassdraget	08.2022	192	Garn	?	6	R	59.9105947	8.8991097

Appendix 2: Gjennomsnittlig antall individer av de ulike parasittartene påvist i ørret fra de undersøkte vatna. + angir at arten ble funnet, men antall individer ikke talt opp på grunn av manglende scolex og med mange individer delt i flere biter.

	<i>Proteocephalus sp.</i>	<i>C. truncatus</i>	<i>E. crassum</i>	<i>Eustrongylides sp.</i>	<i>D. ditremus</i>	<i>D. dendriticus</i>	<i>C. farionis</i>	<i>C. metoecus</i>	<i>P. umblae</i>	<i>Diplostomum sp.</i>
Litlosvatnet										
Prevalens	80	13,3	0	0	40	0	0	100	40	100
Gj.snitt abundans		0,4	0	0	1,1	0	0	7,3	1,2	41,9
Gj.snitt intensitet		3	0	0	2,7	0	0	7,3	3,2	41,9
Nedre Vassdalsvatnet										
Prevalens	66,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gj.snitt abundans		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gj.snitt intensitet		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ambjørgsvatnet										
Prevalens	70	0	0	0	70	0	70	60	0	100
Gj.snitt abundans		0	0	0	26,2	0	8,4	3,6	0	15,9
Gj.snitt intensitet		0	0	0	37,4	0	12,0	6,0	0	15,9
Grøndalsvatnet										
Prevalens	90	0	0	0	10	0	60	50	0	50
Gj.snitt abundans		0	0	0	0,2	0	8,3	0,8	0	3,2
Gj.snitt intensitet		0	0	0	2	0	13,8	1,6	0	6,4
Krokavatnet										
Prevalens	40	0	0	0	30	0	60	20	0	100
Gj.snitt abundans		0	0	0	1,1	0	5,5	1,5	0	30,6
Gj.snitt intensitet		0	0	0	3,7	0	9,2	7,5	0	30,6
Skadvatn										
Prevalens	30	0	0	0	90	0	50	70	0	100
Gj.snitt abundans		0	0	0	26,2	0	7,6	3,3	0	115,7
Gj.snitt intensitet		0	0	0	29,1	0	15,2	4,7	0	115,7
Vetlavatnet										
Prevalens	80	0	0	0	60	30	90	10	0	100
Gj.snitt abundans		0	0	0	2,7	0,3	3,4	0,2	0	11,5
Gj.snitt intensitet		0	0	0	4,5	1,0	3,8	2,0	0	11,5
Løyningsvatnet										
Prevalens	90	0	0	0	0	0	0	60	0	100
Gj.snitt abundans		0	0	0	0	0	0	8,7	0	6,9
Gj.snitt intensitet		0	0	0	0	0	0	14,5	0	6,9
Røldalsvatnet										
Prevalens	66,7	0	50	0	33,3	0	0	16,7	0	0
Gj.snitt abundans		0		0	1,3	0	0	0,2	0	0

Gj.snitt intensitet	0	0	4,0	0	0	1,0	0	0		
Vetle Skiftessjøen										
Prevalens	0	0	33,7	0	0	0	50	0,0	66,7	100
Gj.snitt abundans	0	0		0	0	0	1,5	0,0	4,8	12,0
Gj.snitt intensitet	0	0		0	0	0	3,0	0,0	7,3	12,0
Skiftessjøen										
Prevalens	0	0	16,7	0	16,7	0	50	66,7	33,7	100
Gj.snitt abundans	0	0		0	0,2	0	0,8	17,5	2,2	19,2
Gj.snitt intensitet	0	0		0	1,0	0	1,7	26,3	6,5	19,2
Kleivshovdtjørn										
Prevalens	0	0	40	10	20	0	80	60	20	100
Gj.snitt abundans	0	0			2,7	0	6,8	4,3	2,7	54,0
Gj.snitt intensitet	0	0			13,5	0	8,5	7,2	13,5	54,0
Laken										
Prevalens	0	0	70	0	20	0	70	100	0	100
Gj.snitt abundans	0	0		0	0,5	0	2,0	16,1	0	37,3
Gj.snitt intensitet	0	0		0	2,5	0	2,9	16,1	0	37,3
Langesjøen										
Prevalens	0	0	90	0	0	0	20	100	80	100
Gj.snitt abundans	0	0		0	0	0	0,4	5,8	7,9	23,4
Gj.snitt intensitet	0	0		0	0	0	2,0	5,8	9,9	23,4
Møsvatn										
Prevalens	0	0	46,2	0	53,8	15,4	15,4	7,7	7,7	7,7
Gj.snitt abundans	0	0		0	21,4	3,2	0,6	0,2	0,2	0,4
Gj.snitt intensitet	0	0		0	39,7	21,0	4,0	2,0	3,0	5,0
Tinnsjø										
Prevalens	0	0	83,3	13,7	100	16,7	0	0	0	16,7
Gj.snitt abundans	0	0			18,7	0,2	0	0	0	0,5
Gj.snitt intensitet	0	0			18,7	1	0	0	0	3

Appendix 3: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Phyllodistomum umblae*. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModellLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Alder * Lengde + Innsjøstørrelse	5	114.427	0	1	0.512	-51.998	0.512
Alder + Lengde + Innsjøstørrelse	4	116.796	2.369	0.306	0.157	-54.255	0.669
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	5	117.060	2.632	0.268	0.137	-53.314	0.806
Alder + Lengde	3	118.654	4.226	0.121	0.062	-56.242	0.868
Alder + Lengde + Kjønn	4	118.910	4.483	0.106	0.054	-55.312	0.922
Alder * Lengde + Innsjøstørrelse + Utløp	8	119.623	5.195	0.074	0.038	-51.282	0.960
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	11	120.769	6.342	0.042	0.021	-48.392	0.982
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	122.007	7.579	0.023	0.012	-52.474	0.993
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	124.281	9.854	0.007	0.004	-52.474	0.997
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	7	125.829	11.401	0.003	0.002	-55.506	0.999
Alder	2	127.065	12.638	0.002	0.001	-61.490	1
1	1	128.867	14.439	0.001	0.000	-63.419	1

Appendix 4: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Diplostomum* sp. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModellLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	10	1079.332	0	1	0.426	-528.845	0.426
Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	9	1080.312	0.980	0.6127	0.261	-530.489	0.687
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	11	1080.920	1.587	0.452	0.193	-528.467	0.880
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	12	1083.235	3.903	0.142	0.061	-528.436	0.940
Alder ² + Kjønn + Innsjøstr. + Utløp + Innsjøstr. * Utløp	11	1083.617	4.285	0.117	0.050	-529.816	0.990
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	1087.611	8.279	0.016	0.007	-535.276	0.997
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	1089.712	10.380	0.006	0.002	-535.189	0.999
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	10	1091.773	12.441	0.002	0.001	-535.066	1
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	6	1117.899	38.567	0	0	-552.645	1
Alder	3	1159.883	80.551	0	0	-576.856	1
Alder + Lengde + Kjønn	5	1160.919	81.587	0	0	-575.244	1
Alder + Lengde	4	1161.220	81.888	0	0	-576.467	1
1	2	1168.613	89.280	0	0	-582.264	1

Appendix 5: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Crepidostomum farionis*. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaiikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModelLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Alder + Innsjøstørrelse + Utløp	7	517.903	0	1	0.350	-251.527	0.350
Alder + Utløp	6	518.764	0.861	0.650	0.228	-253.066	0.578
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	519.076	1.173	0.556	0.195	-250.989	0.773
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	10	520.604	2.701	0.259	0.091	-249.449	0.864
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	520.707	2.804	0.246	0.086	-250.661	0.950
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	12	524.082	6.178	0.046	0.016	-248.812	0.966
Alder	3	524.296	6.392	0.041	0.014	-259.060	0.981
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	6	525.300	7.397	0.025	0.009	-256.334	0.989
Alder + Lengde	4	525.990	8.087	0.018	0.006	-258.847	0.995
Alder + Lengde + Kjønn	5	526.751	8.847	0.012	0.004	-258.151	1
1	2	531.650	13.747	0.001	1	-263.781	1

Appendix 6: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Crepidostomum metoecus*. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaiikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModelLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	10	579.911	0	1	0.299	-279.103	0.299
Kjønn + Innsjøstørrelse x Utløp	9	579.948	0.038	0.981	0.293	-280.282	0.592
Alder + Lengde + Innsjøstørrelse * Utløp	11	580.348	0.437	0.804	0.240	-278.143	0.832
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	12	581.061	1.151	0.562	0.168	-277.302	1
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	593.855	13.945	0	0	-288.378	1
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	596.026	16.116	0	0	-288.321	1
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	10	596.502	16.592	0	0	-287.398	1
Alder * Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	10	597.838	17.927	0	0	-288.066	1
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	6	608.388	28.477	0	0	-297.878	1
1	2	623.077	43.166	0	0	-309.495	1
Alder + Lengde + Kjønn	5	624.947	45.036	0	0	-307.250	1
Alder	3	625.003	45.093	0	0	-309.413	1
Alder + Lengde	4	626.162	46.252	0	0	-308.931	1

Appendix 7: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Eubothrium crassum*. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModellLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Alder + Lengde + Innsjøstørrelse + Utløp	7	113.721	0	1	0.665	-49.452	0.665
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	115.778	2.056	0.358	0.238	-49.360	0.903
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	117.969	4.247	0.120	0.080	-49.318	0.982
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	11	121.308	7.587	0.023	0.015	-48.661	0.997
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	7	124.634	10.913	0.004	0.003	-54.908	1
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	5	132.040	18.319	0	0	-60.804	1
Alder + Lengde	3	133.255	19.534	0	0	-63.542	1
Alder + Lengde + Kjønn	4	134.361	20.640	0	0	-63.038	1
Alder	2	156.589	42.868	0	0	-76.252	1
1	1	166.732	53.011	0	0	-82.352	1

Appendix 8: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Proteocephalus* sp. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModellLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Alder + Lengde + Innsjøstørrelse + Utløp	7	145.188	0	1	0.556	-65.185	0.556
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	147.373	2.184	0.335	0.186	-65.157	0.742
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	147.534	2.346	0.309	0.172	-64.100	0.914
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	7	149.641	4.453	0.108	0.060	-67.412	0.974
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	11	151.357	6.169	0.046	0.025	-63.686	0.999
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	5	159.155	13.966	0.001	0.001	-74.362	1
Alder + Lengde	3	169.090	23.901	0	0	-81.460	1
Alder + Lengde + Kjønn	4	171.051	25.863	0	0	-81.383	1
Alder	2	185.719	40.530	0	0	-90.817	1
1	1	197.201	52.013	0	0	-97.587	1

Appendix 9: Multinomial kandidatmodeller laget for å forutsi frekvens og grad av parasitten *Dibothriocephalus ditremus*. K = Antall parametere som er montert. $AICc$ = korrigerte Akaikes informasjonskriterium. ΔAIC = forskjell mellom en modells $AICc$ -verdi og den mest støttende modellen. $AICcWT$ = den relative $AICc$ -støtten til modell. LL = modellen logg sannsynlighet. R^2_{CU} = Cragg-Ushler pseudo R^2 .

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	ModelLik	AICcWt	LL	R^2_{CU}
Utløp	5	553.472	0	1	0.356	-271.520	0.356
Alder + Innsjøstørrelse + Utløp	7	554.361	0.890	0.641	0.228	-269.772	0.585
Alder + Utløp	6	554.683	1.211	0.546	0.194	-271.037	0.779
Alder + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	8	555.923	2.452	0.294	0.105	-269.432	0.884
Alder ² + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	558.072	4.601	0.100	0.036	-269.369	0.919
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	558.185	4.713	0.095	0.034	-269.426	0.953
Alder + Lengde * Kjønn + Innsjøstørrelse + Utløp	9	558.724	5.252	0.072	0.026	-269.695	0.978
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse * Utløp	9	559.165	5.694	0.058	0.021	-269.916	0.999
Alder + Lengde + Kjønn + Innsjøstørrelse	6	566.340	12.869	0.002	0.001	-276.866	1
Alder + Lengde	4	574.611	21.139	0	0	-283.163	1
Alder	3	574.865	21.393	0	0	-284.347	1
Alder + Lengde + Kjønn	5	576.0065	22.534	0	0	-282.787	1
1	2	579.552	26.080	0	0	-287.733	1

Appendix 10: Tidligere funn av bendelmarkene *Eubothrium crassum* og *Proteocephalus* sp.

<i>Eubothrium crassum</i>		<i>Proteocephalus</i> sp.	
Fylke	Navn	Fylke	Navn
Vestland	Ermhjellevatnet	Vestland	Viksdalsvatnet
Vestland	Vatn ved Hestadgrend	Vestland	Haukedalsvatnet
Vestland	Klokkarvatnet	Vestland	Lars-Olavvatn
Vestland	Nordmannslågen	Vestland	Oppheimsvatnet
Rogaland	I fjorden ved Stavanger	Vestland	Hornsvatn
Rogaland	Berse	Vestland	Veslebotnvatnet
Vestfold og Telemark	Store Saure	Vestland	Fretheimdalsvatnet
Vestfold og Telemark	Garvann	Vestland	Grønlivatnet
Vestfold og Telemark	Borsæ	Vestland	Vossadalsvatnet
Viken	Ustevatnet	Vestfold og Telemark	Mårvatn
Viken	Torsetvatnet	Vestfold og Telemark	Ugletjønn
Innlandet	Storfjorden	Vestfold og Telemark	Norsjø
Innlandet	Mjøsa	Viken	Stolsmagasinet
Innlandet	Nord Mesna	Innlandet	Steinbusjøen
Innlandet	Mistra	Innlandet	Øvre Heimdalsvatnet
Trøndelag	Hitra	Innlandet	Øvre Sjødalsvatnet
Trøndelag	Ånøya	Innlandet	Røssjøen
Trøndelag	Ausevatnet	Møre og Romsdal	Fossafjellvatnet
Trøndelag	Snåsavatnet	Møre og Romsdal	Kamlivatnet



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway