



Jan Grimsrud Davidsen, Anne Cathrine Flaten, Eva Bonsak Thorstad,
Aslak Darre Sjursen, Lars Rønning, Fred Whoriskey, Audun Håvard
Rikardsen, Bengt Finstad og Jo Vegar Arnekleiv

Marine vandringer og habitatbruk til postsmolt av sjøørret i Hemnfjorden, Sør-Trøndelag

**NTNU Vitenskapsmuseet
naturhistorisk rapport 2015-9**



Jan Grimsrud Davidsen, Anne Cathrine Flaten,
Eva Bonsak Thorstad, Aslak Darre Sjursen, Lars Rønning,
Fred Whoriskey, Audun Håvard Rikardsen, Bengt Finstad
og Jo Vegar Arnekleiv

**Marine vandringer og habitatbruk til
postsmolt av sjøørret i Hemnfjorden,
Sør-Trøndelag**

NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2013 som erstatter tidligere Rapport botanisk serie og Rapport zoologisk serie. Serien er ikke periodisk, og antall nummer varierer per år. Rapportserien benyttes ved endelig rapportering fra prosjekter eller utredninger, der det også forutsettes en mer grundig faglig bearbeidelse.

Tidligere utgivelser: <http://www.ntnu.no/vitenskapsmuseet/publikasjoner>

Referanse

Davidson, J.G., Flaten, A.C., Thorstad, E.B., Sjursen, A.D., Rønning, L., Whoriskey, F., Rikardsen, A.H., Finstad, B. & Arnekleiv, J.V. 2015. Marine vandringer og habitatbruk til postsmolt av sjøørret i Hemnfjorden, Sør-Trøndelag – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-9: 1-32.

Trondheim, desember 2015

Utgiver

NTNU Vitenskapsmuseet
Seksjon for naturhistorie
7491 Trondheim
Telefon: 73 59 22 60/73 59 22 80
e-post: post@vm.ntnu.no

Ansvarlig signatur

Torkild Bakken (seksjonsleder)

Kvalitetssikret av

Gaute Kjærstad

Publiseringstype

Digitalt dokument (pdf)

Forsidefoto

Smoltskrue i Søavassdraget. Foto: Jan Grimsrud Davidson

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet

ISBN 978-82-8322-058-2
ISSN 1894-0056

Sammendrag

Davidson, J.G., Flaten, A.C., Thorstad, E.B., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Whoriskey, F., Rikardsen, A.H., Finstad, B. & Arnekleiv, J.V. 2015. Marine vandring og habitatbruk til postsmolt av sjørret i Hemnfjorden, Sør-Trøndelag – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-9: 1-32.

Marine vandring og habitatbruk til sjørret post-smolt ble undersøkt i Hemnfjorden, Sør-Trøndelag, i perioden april-november 2014. Hensikten var å undersøke tidspunkt for ut- og innvandring mellom elv og fjord, oppholdstid i sjøen, habitatbruk, maksimal vandringsavstand fra elva, samt eventuelle opphold rundt oppdrettsanlegg og kraftverksutløp. Femti sjørretsmolt ble merket med akustiske sendere og deres vandring sporet med 43 automatiske lyttestasjoner fordelt over hele studieområdet. Median dato for utvandringen fra elva var 22.05, mens median returdato til elva var 04.07. Av de 40 smolt som vandret til sjøen returnerte 26 tilbake til ferskvann, noe som gir en minimum sjøoverlevelse på 65 %. Utvandringen fra elv til sjø foregikk i all hovedsak på natten (80 %), mens det ikke var forskjell på antall fisk som vandret om dagen og natten under oppvandringen. Gjennomsnittlig oppholdstid i sjøen var på 38 dager, men det var store individuelle variasjoner (22-99 dager). Post-smolten oppholdt seg mer i de indre enn ytre deler av fjorden, og oftere i de strandnære områder enn ute i de åpne vannmasser. Post-smolten beveget seg likevel rundt i hele fjordsystemet og alle de merkede post-smolt benyttet større sjøområder enn elvemunningen i løpet av sommeren. Post-smolten hadde ikke forlenget oppholdstid rundt hverken oppdrettslokaliteter eller kraftverksutløp. Mange av de merkede fiskene (67 %) hadde en minimum migrasjonsavstand på 25 km fra elvemunningen, mens 27 % hadde minimum migrasjonsavstand på 14 km, og 6 % hadde minimum migrasjonsavstand på 4 km. Både sjøoverlevelse og migrasjonsavstand var positivt korrelert til naturlig kroppslengde, det vil si at de største fiskene hadde størst overlevelse og vandret lengst. Åtte av de 26 hjemvendte individene (31 %) gjennomførte en ny utvandring til fjorden i løpet av samme sommer, men først etter at de hadde vandret helt opp til innsjøen Rovatnet. Den romlige bruken av fjordsystemet varierte mellom første og andre oppholdsperiode i sjøen ved at den innerste delen av fjorden oftere ble brukt i første periode, mens post-smolten oppholdt seg mer i den ytre delen av fjorden i andre oppholdsperiode.

Nøkkelord: akustisk telemetri - anadromi – brunørret – lakselus – migrasjon.

Davidson, J.G., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., & Arnekleiv, J.V., NTNU Vitenskapsmuseet, Seksjon for naturhistorie, NO-7491 Trondheim

Thorstad, E.B. & Finstad, B., Norsk institutt for naturforskning, NO-7485 Trondheim

Whoriskey, F., Dalhousie University, Dept. of Biological Sciences, Life Sciences Center, 1355 Oxford St., POB 15000, Halifax, NS, B3H 4R2, Canada

Flaten, A.C. & Rikardsen, A.H., UIT Norges Arktiske Universitet, NO-9037 Tromsø

Summary

Davidsen, J.G., Flaten, A.C., Thorstad, E.B., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., Whoriskey, F., Rikardsen, A.H., Finstad, B. & Arnekleiv, J.V. 2015. Marine vandringer og habitatbruk til postsmolt av sjøørret i Hemnfjorden, Sør-Trøndelag – NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 2015-9: 1-32.

The migration and habitat use of sea trout post-smolts were investigated in the Hemnfjord in Central Norway during April–November 2014. The main aims were to investigate timing of sea entry and freshwater return, return rate, marine residence time, spatial use of the fjord system and migration distance. Fifty sea trout smolts were tagged with acoustic transmitters and tracked with 43 automatic listening receivers distributed throughout the study area. Median seaward migration date was 22 May and median return date to freshwater was 4 July. Of the 40 seaward migrating smolts, 26 returned to freshwater, resulting in a minimum return rate to freshwater of 65%. During transition from the river to the fjord, 80% of the tagged smolts migrated during the night, however, no diurnal pattern was observed during the upriver migration. Mean marine residence time was 38 days, but there was large individual variation, ranging from 22–99 days. The innermost parts of the study area were more utilized than the outer part of the fjord system during the sea residency, and with more use of the near shore areas defined as littoral habitat than the open, pelagic areas. However, a widespread distribution was observed, and a large proportion of the post-smolts was observed to utilize the outer part of the fjord system. All of the tagged post-smolts utilized larger marine areas than the river mouth area during the summer, and 67% of the post-smolts had a minimum migration distance of 25 km, 27% had a minimum migration distance of 14 km while the last 6% had a minimum migration distance of 4 km. Eight of the 26 returning individuals (31%) performed a second marine migration during the same summer, after returning to Lake Rovatnet in early June. The spatial use of the fjord system between the first and second marine migration showed two distinctive patterns. The innermost part of the fjord was more often used during the first period, however, more time was spent in the outer part of the fjord during the second migration. Regardless of the high predation risk post-smolts may experience in the marine phase, a widespread distribution and habitat utilization were observed in this study, in addition to a high marine survival rate. Thus, the results indicate that the sea trout post-smolts displayed variable migration behaviour and habitat utilization during their first marine migration. Nevertheless, due to the fact that the bigger post-smolts, to a larger extent, returned to the home river and also utilized areas in the outer part of the fjord, body size seemed to be an important factor in determining the migration behaviour and survival in this study.

Key words: acoustic telemetry – anadromy – brown trout – migration – salmon lice

Davidsen, J.G., Sjørnsen, A.D., Rønning, L., & Arnekleiv, J.V., NTNU University Museum, Department of natural history, NO-7491 Trondheim

Thorstad, E.B. & Finstad, B., Norwegian Institute for Nature Research, NO-7485 Trondheim

Whoriskey, F., Dalhousie University, Dept. of Biological Sciences, Life Sciences Center, 1355 Oxford St., POB 15000, Halifax, NS, B3H 4R2, Canada

Flaten, A.C. & Rikardsen, A.H., UiT the Arctic University of Norway, NO-9037 Tromsø

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materiale og metode	8
2.1 Områdebeskrivelse	8
2.2 Registrering av miljøvariabler	10
2.3 Fangst og merking av sjøørret med akustiske sendere	12
2.4 Blodprøver	14
2.5 Registrering av vandringsatferd ved akustiske lyttestasjoner	14
2.6 Tilbakeberegning av alder og dataanalyser	15
3 Resultater	17
3.1 Smoltalder, kondisjon og nivåer av kortisol, plasmaklorid og magnesium	17
3.2 Overlevelse	17
3.3 Ut- og oppvandring mellom Søa og Hemnfjorden	18
3.4 Opphold i fjorden	21
3.5 Oppholdstid rundt oppdrettslokaliteter og utløpet fra Søa kraftverk	27
4 Diskusjon	29
4.1 Overlevelse	29
4.2 Ut- og oppvandring mellom Søa og Hemnfjorden	29
4.3 Opphold i fjorden	30
4.4 Oppholdstid rundt oppdrettslokaliteter og utløpet fra Søa Kraftverk	30
5 Referanser	31

Forord

NTNU Vitenskapsmuseet og samarbeidspartnere gjennomførte i 2012-2014 en undersøkelse av eldre sjørrets marine vandringer og habitatbruk i Hemnfjorden og Snillfjorden, Sør-Trøndelag (Davidsen mfl., 2014b). Som en oppfølging på dette prosjektet ble det fra Fylkesmannen i Sør-Trøndelag, Miljødirektoratet og TrønderEnergi AS gitt støtte til også å inkludere post-smolt, og resultatet fra disse undersøkelsene presenteres i denne rapporten. Vi takker for alle de økonomiske bidragene.

Anne Cathrine Flaten ved UiT Norges Arktiske Universitet skrev sin masteroppgave basert på data fra dette prosjektet, og analyser og diskusjon i denne rapporten er i all hovedsak hentet fra denne.

Dette prosjektet hadde ikke latt seg gjennomføre uten engasjement og velvilje fra mange personer og institusjoner. En spesiell takk rettes til Martin Georg Hansen (Hemne Kommune) og Ola Magne Taftø for velvillig røkting av smoltfella hver morgen i to måneder. Stein Hugo Hemmingsen (Tromsø), Sindre Håvarstein Eldøy og mannskapet på FF Gunnerus takkes for god hjelp i felt. TrønderEnergi AS takkes for å stille transport tilgjengelig for smoltskrue mellom Trondheim og Kyrksæterøra og for data om vannføringen gjennom Sjøa Kraftverk.

Videre rettes en takk til Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) for data om vannføring og temperatur fra utløpet av Rovatnet og til Aqua Gen AS for praktisk hjelp i felt og info om lusetett-heter i anleggene i fjorden.

Trondheim, desember 2015

Jan Grimsrud Davidsen
Prosjektleder

1 Innledning

Smoltfasen hos sjøørret (*Salmo trutta*) er antatt å være den mest sårbare overfor lakselus, og det kan derfor forventes at sjøørretsmolt er under hardt press i kystnære områder med intensiv oppdrettsvirksomhet. For å kunne gjennomføre undersøkelser av effekter fra aquakultur på vill sjøørretsmolt trengs et godt datagrunnlag fra områder hvor smolten i mindre grad er påvirket av oppdrett. Samtidig må en velge studieområder hvor bestanden er så god at man på en kostnadseffektiv måte er sikker på å få nok individer for merking. Hemnfjord i Sør-Trøndelag er et slikt område. Det er en god bestand av sjøørret i Søa, det er relativt lite oppdrettsvirksomhet i fjordsystemet og data fra et tilsvarende prosjekt på voksne individer fra 2012-2014 (Davidsen mfl., 2014b) tyder på at det er lite direkte interaksjoner mellom oppdrettsanleggene og vill sjøørret i dette området.

Hensikten med denne undersøkelsen var å få bedre kunnskap om sjøørret post-smolts marine vandring og habitatbruk i tid og rom. Post-smolt er den sjøørreten som foretar sin første vandring til sjøen, etter ungfiskfasen i elva. Ved hjelp av elektronisk merking (akustisk telemetri) av enkeltfisk med sendere som varte i inntil 7 måneder ble det dokumentert når og hvor post-smolten oppholdt seg i sjøen. Denne informasjonen ble sammenholdt med miljøet i fjorden (temperatur og salinitet). Videre ble vandringene mellom elv og fjord kartlagt, samt eventuelle opphold i nærheten av oppdrettsanlegg, kraftverksutløp og smelteverk.



Bilde 1: Montering av lyttestasjon i elva Søa. Foto: Jan Grimsrud Davidsen

2 Materiale og metode

2.1 Områdebeskrivelse

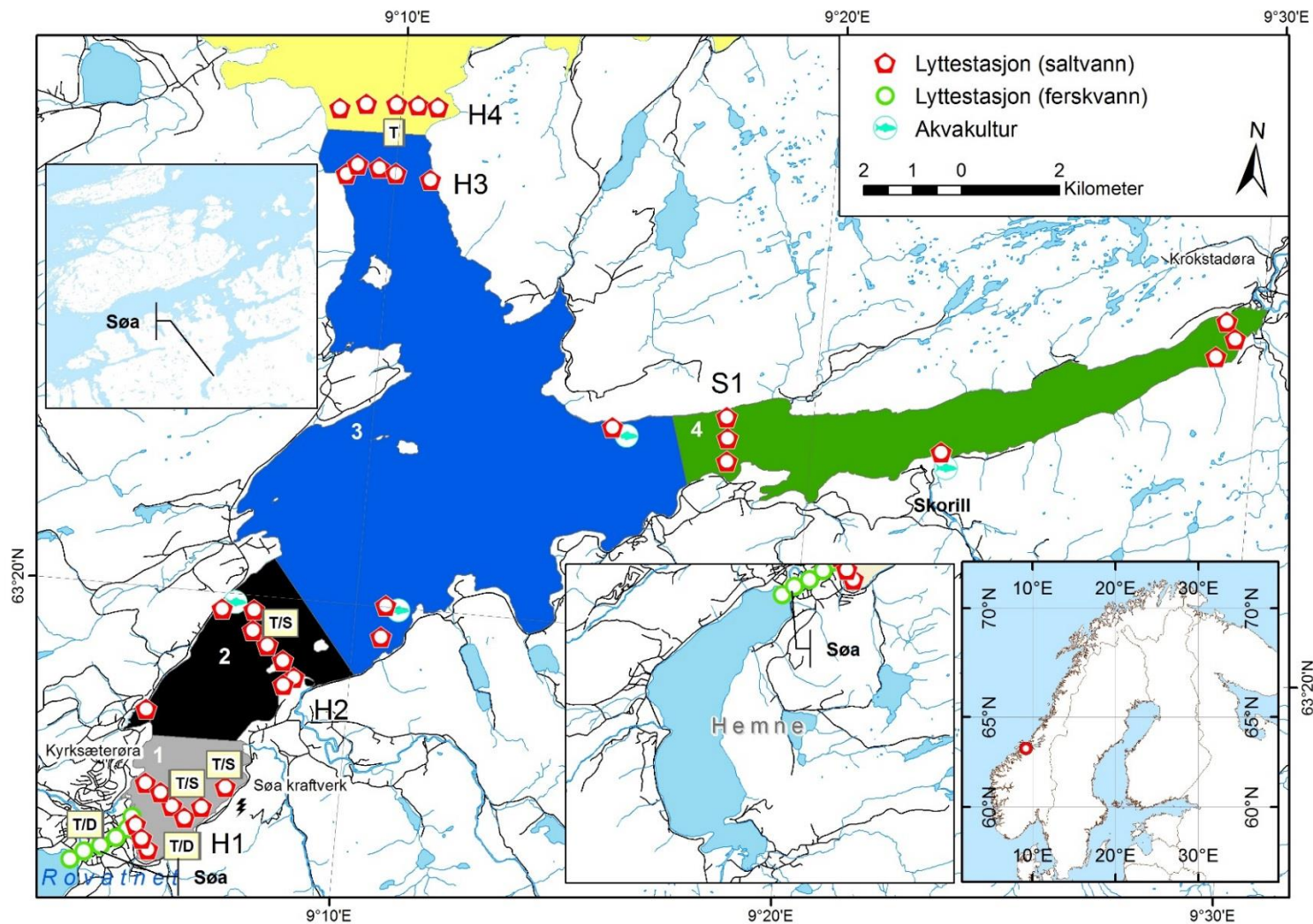
Hemnfjorden ligger sør i Sør-Trøndelag fylke med munning mot Trondheimsleia. Området har flere kjente sjørrretvassdrag inkludert Søavassdraget, samt Snilldalselva og Bergselva som renner ut i den nærliggende Snillfjorden. Innerst i Hemnfjorden er det lokalisert flere havneanlegg, og deler av fjorden er benyttet til lakseoppdrett. I tillegg til hovedvassdragene drenerer flere småelver ut i fjordsystemet, hvorav de viktigste for sjørrret er antatt å være Haugaelva, Hagaelva, Hollaelva, Berdalselva og Tannvikelva (se nærmere beskrivelse i Koksvik mfl., 2003). Tidevannsforskjellen i området er på 1,5-2,5 meter. Andre fiskearter i vassdragene er laks (*Salmo salar*), røye (*Salvelinus alpinus*), stingsild (*Gasterosteus aculeatus*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og ål (*Anguilla anguilla*).

Søavassdraget har utløp innerst i Hemnfjorden. Vassdraget er regulert for kraftproduksjon med overføring av vann gjennom Sjøa Kraftverk (TrønderEnergi AS), som har utløp i Hemnfjorden (figur 1). Nedbørfeltet ble i forbindelse med reguleringen i 1966 endret fra 237 km² til 113 km². Anadrom strekning er på 10,2 km og inkluderer innsjøen Rovatnet (7,9 km², 12 moh., maksdybde 109 m). Leneselva og Eidselva drenerer begge ut i Rovatnet, som gjennom den 2 km lange elva Sjøa munner ut i Hemnfjorden. Sjørrret kan vandre opp i både Leneselva og Eidselva.

Fjordsystemet benyttes av Aqua Gen AS for produksjon av stamfisk (laks, *Salmo salar* L.). I undersøkelsesperioden benyttet de tre lokaliteter. Stokkvika (stamfisk) og Hafsmo (mellomgenerasjon) hadde fisk i hele undersøkelsesperioden, mens Forrahammaren hadde smolt i perioden 16.05 - 31.12.2014.



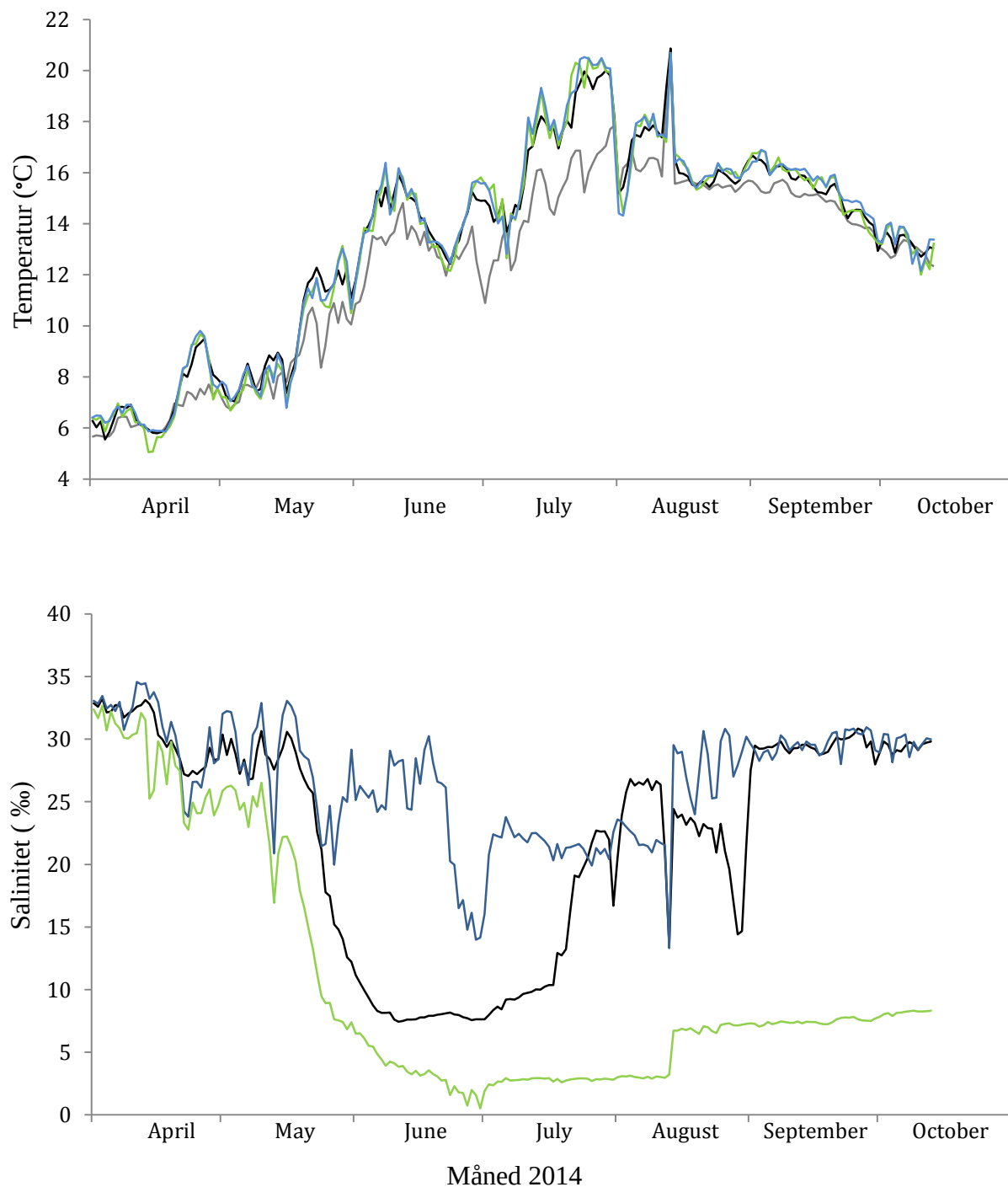
Bilde 2: Rovatnets utløp til elva Sjøa. Foto: Jan Grimsrud Davidsen



Figur 1: Hemnfjorden og Snillfjorden med nærliggende vassdrag. H1-H4 og S1 angir lokalisering av transekter av automatiske lyttestasjoner (ALS). Dataloggere er angitt med «T»: temperatur, «D»: vanndybde og «S»: salinitet. Lynsymbol viser plassering av utløpet fra Sjøa kraftverk. Farger angir oppdeling i ulike soner. Sone 1-4 er angitt med tall, sone 5 er gult område utenfor fjorden mens sone 6 er Sjøa elv fra utløpet av Rovatnet til elveosen.

2.2 Registrering av miljøvariabler

For å kunne beskrive under hvilke forhold sjøørreten oppholdt seg i ulike habitat ble salinitet og temperatur i fjordsystemet målt hvert 10. minutt med dataloggere (DST milli-CT, www.star-oddi.com) plassert under blåse på 1 meters dybde (figur 2, tabell 1 og 2). Informasjon om vann-temperatur på 1 m dybde i Rovatnet samt vannføring i utløpet av Rovatnet ble levert fra NVE (figur 3a).



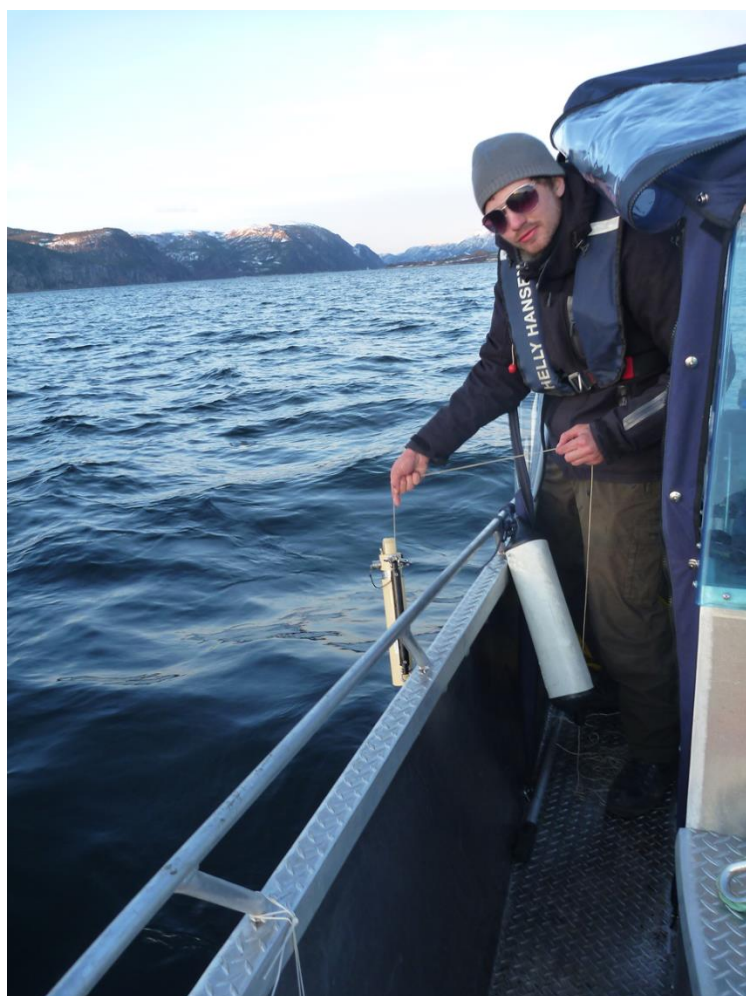
Figur 2: Gjennomsnittlig daglig temperatur (øverst) og salinitet (nederst) ved 1 meters dyp i indre Hemnfjord (transekt H1, blå), midtre Hemnfjord (transekt H2, svart), ved utløpet av Sjøa kraftverk (grønn) og i ytre del av studieområdet (transekt H4, grå, kun temperatur) i perioden 01.04 – 13.10.2014.

Tabell 1. Plassering av temperaturloggere, gjennomsnittlig vanntemperatur (T °C) og standardavvik, minimum og maksimum temperatur i perioden 01.04.2014-13.10.2014.

Plassering Temperaturlogger	Gjennomsnitt T ± SD (°C)	Minimum T (°C)	Maksimum T (°C)
Utløp kraftverk	13,3 ± 4,1	5,1	20,5
Transekt H1	13,4 ± 4,0	5,9	20,5
Transekt H2	13,2 ± 3,9	5,6	20,0
Transekt H4	12,3 ± 3,6	5,7	17,9

Tabell 2. plassering av salinitetsloggere, gjennomsnittlig salinitet (‰) og standardavvik, minimum og maksimum salinitet i perioden 01.04.2014-13.10.2014.

Plassering salinitetslogger	Gjennomsnitt ± SD (‰)	Minimum (‰)	Maksimum (‰)
Transekt H1	26,8 ± 4,5	14,0	34,6
Transekt H2	22,1 ± 8,9	7,4	33,3
Utløp kraftverk	10,7 ± 9,6	0,5	32,7



Bilde 3: Manuell måling av konduktivitet, temperatur og dybde (CTD) i Hemnfjorden. Foto: Jan Grimsrud Davidsen.

2.3 Fangst og merking av sjørret med akustiske sendere

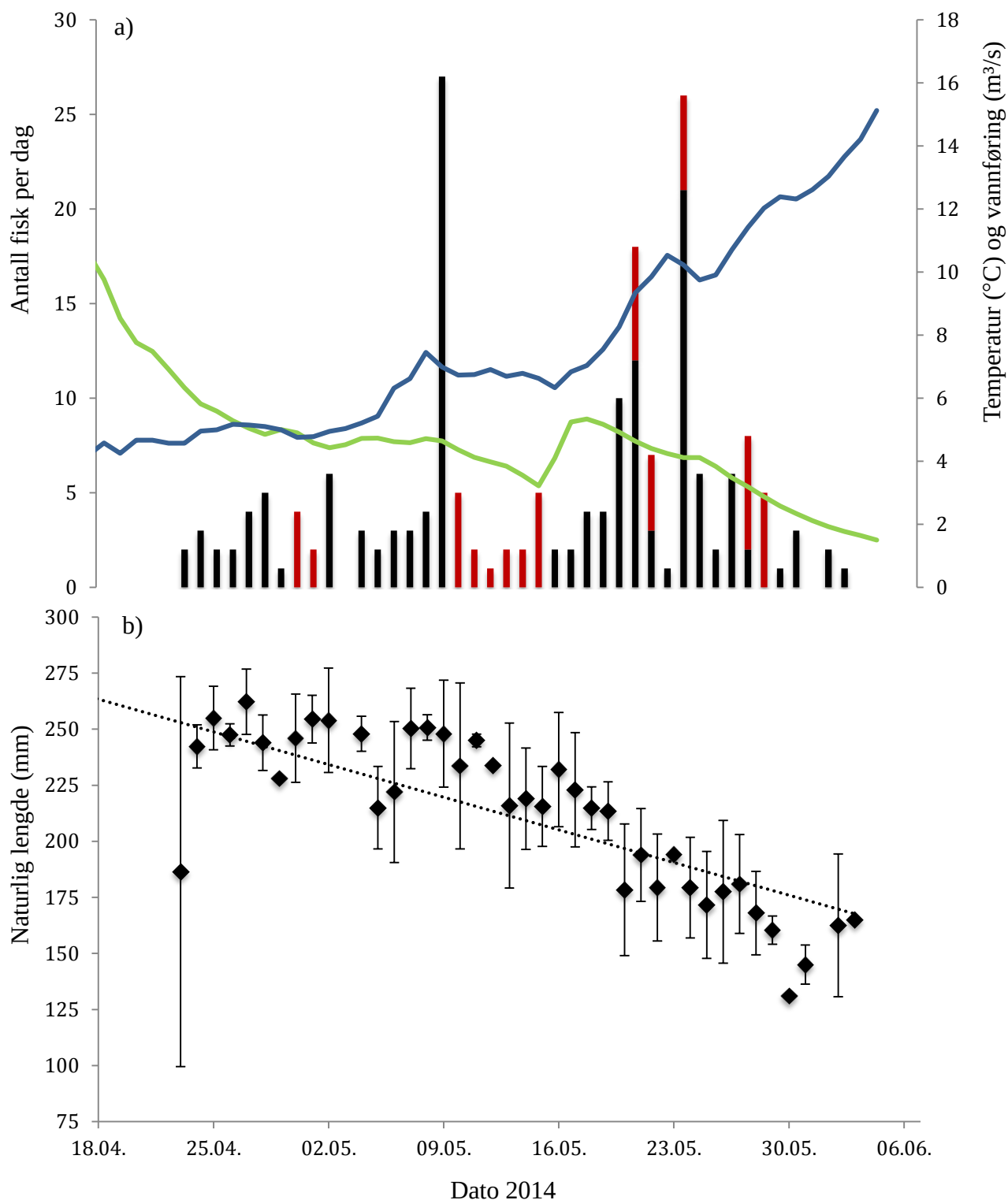
I alt ble 50 sjørret smolt merket med et akustisk merke (tabell 3). Den første fisken ble fanget og merket 08.04.2014, mens de resterende 49 smolt ble fanget og merket i perioden 30.04-30.05.2014. Fiskene ble fanget 80 m nedstrøms utløpet til Rovatnet med en smoltskrue plassert i midten av Søa. Skruen ble først plassert ut for en test 07.04-08.04, men da det stadig var mye is på Rovatnet ble den satt på land igjen fram til 22.04. Skruen var da operativ fram til 07.06. Den ble tømt daglig kl 08:00 og all fangst ble overført til kar på land. De overdekte karene hadde kontinuerlig tilførsel av vann rett fra elva. All fanget fisk ble lengdemålt. Individuer som ikke ble merket ble umiddelbart satt tilbake i elva. I alt ble det fanget 199 sjørretsmolt i skruen (figur 3a). Gjennomsnittlig antall fisk pr dag var 4,9 (median = 3; S.D = 5,8). Fordelingen av lengde for all fanget sjørretsmolt fremgår av figur 3b.

Tabell 3. Merkedato, antall individer, naturlig lengde og vekt hos merket sjørretsmolt fanget i elva Søa i 2014

Dato	n	Naturlig lengde (mm)		Vekt (g)	
		Gjennomsnitt±SD	Variasjonsbredde	Gjennomsnitt±SD	Variasjonsbredde
08.04.	1	225,0± 0	225,0-225,0	85,0 ± 0	85,0-85,0
30.04.	4	244,8 ± 18,4	219,0-262,0	111,5 ± 26,9	85,0-149,0
01.05.	2	254,5 ± 10,6	247,0-262,0	126,5 ± 19,1	113,0-140,0
14.05.	12	230,2 ± 27,8	177,0-267,0	93,7 ± 30,0	44,9-141,0
15.05.	5	215,6 ± 17,8	196,0-239,0	73,5 ± 16,8	58,6-99,1
21.05.	6	192,2 ± 10,3	176,0-205,0	54,7 ± 7,9	43,0-64,0
22.05.	4	168,3 ± 24,1	151,0-204,0	39,3 ± 18,6	27,0-67,0
24.05.	5	170,2 ± 19,5	154,0-202,0	40,8 ± 15,6	31,0-68,0
30.05.	11	168,7 ± 13,4	150,0-192,0	37,7 ± 8,8	26,0-56,0
Total	50				



Bilde 4: Smoltskrue plassert i elven Søa 100 meter nedstrøms utløpet fra Rovatnet. Oransje blåse viser plassering av første nedstrøms akustiske lyttestasjon. Foto: Anne Cathrine Flaten



Figur 3: a) Antall smolt fanget i smoltskruen per dag i perioden 22.04 – 07.06.2014. Totalt 199 sjøørretsmolt ble fanget, og de røde stolpene viser de 50 merkede smoltene. Én sjøørretsmolt ble fanget og merket 08.04 (ikke vist på figuren). Smoltskruen var ikke i drift fra 08.04 – 22.04.2014. Gjennomsnittlig daglig vanntemperatur (°C, blå linje) og gjennomsnittlig daglig vannføring (m³/s, grønn linje) fra Rovatnet er også vist i figuren. b) Gjennomsnittlig naturlig lengde for alle fisk fanget per dag i perioden 22.04 – 07.06.2014, med standardavvik.

Før merking ble sjøørreten bedøvet i 4 minutt i en løsning med 2-phenoxy-ethanol (EEC No 204 589-7; 0,5 ml per l vann), og deretter overført til et merkerør. En tynn slange ble ført inn i munnen slik at gjellene hadde kontinuerlig overstrømning av friskt vann. Det ble laget et 1,0-1,5 cm langt snitt i buken, og en desinfisert individuelt kodet akustisk sender (Thelma Biotel AS, www.thelmabio-tel.com, model LP-7.3, 7,3 x 18,0 mm, vekt i vann:luft 1,2:1,9 g, ping rate 30-90 sek.) ble forsiktig ført inn i bukshulen. Snittet ble lukket med to sting (Resolon 5/0 sutur). Etter merking ble fisken veid og lengdemålt (naturlig lengde). Fem skjell ble nappet fra fisken for senere analyse av alder og tilbakeberegning av vekst. En bit av fettfinnen ble lagt på sprit og frosset for eventuelle senere genetiske analyser. Oppholdet i merkerøret varte ca. 5 minutt. Etter merkingen ble fisken holdt i bur inntil den hadde normal svømmeatferd og pustefrekvens. Den ble da satt ut i et rolig parti i elva rett nedstrøms smoltskruen. Forut for forsøket ble nødvendige tillatelser til merking og fangst innhentet fra Forsøksdyrutvalget og Fylkesmannen i Sør-Trøndelag.

2.4 Blodprøver

Det ble tatt blodprøver fra 9 smolt fanget i smoltskruen 21.05. og 6 smolt 27.05. for måling av plasmaklorid, plasmakortisol og magnesium. Smolten ble overført til en 10 liters bøtte med 2-phenoxy-ethanol (0,5 ml per l vann). Blodprøver ble tatt fra kaudalårekomplekset ved hjelp av 1 ml hepariniserte sprøyter. Blodet ble overført til et 2 ml eppendorfrør, og sentrifugert i fem minutter ved 5 000 omdr./minutt i en Hettich EBA III, type 2 030 (radius 25 mm) sentrifuge. Plasma ble deretter overført til et nytt 2 ml eppendorfrør, og umiddelbart frosset på tørris. Prøvene ble seinere analysert ved Universitetet i Nordland.

2.5 Registrering av vandringsatferd ved akustiske lyttestasjoner

De akustiske senderne sendte ut et lydsignal (69 kHz) som ble registrert når fisken var innen rekkevidde av en lyttestasjon (til sammen 43 lyttestasjoner modell VR2W, www.vemco.ca). Individuelle fisk kunne gjenkjennes ved at senderne hadde ulike koder. De 37 lyttestasjonene i fjordsystemet (figur 1) ble enten montert på faste kaianlegg (3-5 meter under overflaten, avhengig av tidevannet), på flytebrygger (5 meter under overflaten) eller på 5 meters dybde festet til et 14 mm tau montert med en C3 stangblåse på havoverflaten og et 100 kg anker på bunnen. Alle lyttestasjonene montert på flytebrygger eller med tau og blåse hadde samme dybde uavhengig av tidevannet. I elveosen og i Sør ble lyttestasjonene montert på et 10 cm tykt jernrør som ble slått ned i elvebunnen. Alle lyttestasjoner var operative gjennom hele undersøkelsen (20. april - 1. desember 2014). Data fra stasjonene ble overført til en bærbar datamaskin ca. annenhver måned.

Rekkevidden på lydsignalet fra de akustiske senderne varierte med salinitet, havstrømmer og vind. En rekkeviddetest på 4 meters dybde utført 10. april 2014 viste en maksimal rekkevidde på 300 meter (vindstille, tørt vær, flo sjø). Testen ble utført med samme type sender som smolten ble merket med (LP-7.3; 139 dB re 1uPa @1m).

For å registrere når sjøørreten oppholdt seg i ulike deler av fjordsystemet, ble undersøkelsesområdet inndelt i seks soner (figur 1): 1: Indre Hemnfjord (inkludert elveos); 2: Midtre Hemnfjord; 3: Sentrale Hemnfjord; 4: Snillfjord; 5: Utenfor Hemnfjorden; 6: Sør fra utløpet av Rovatnet til elveosen (elveosen ikke inkludert).

I overgangen mellom de ulike sonene ble det plassert linjer av automatiske lyttestasjoner (H1, H2, H3, H4, S1, figur 1) Når sjøørreten vandret fra en sone til en annen ble den registrert med individnummer samt dato og klokkeslett for passeringen. Hver lyttestasjon ble klassifisert i en av følgende fire typer habitat: Ferskvann, strandsone (lyttestasjoner med kortere avstand enn 200 m til strandlinjen eller til områder grunnere enn 10 m), pelagisk (lengre avstand enn 500 meter til kystsone og hvor dybden i en radius på 300 m var minimum 25 m) eller klippehabitat (loddrette fjellvegger dypere enn 10 m i strandsonen).

På hver av de tre oppdrettslokalitetene til Aqua Gen AS ble det montert en lyttestasjon på 5 meters dybde sentralt i anlegget (figur 1). For hvert anlegg ble det plassert en kontrollstasjon i lignende habitat men uten oppdrettsanlegg 1000 m fra anlegget.

Søa kraftstasjon har inntak oppstrøms Rovatnet, og utløp direkte i sjøen (figur 1). For å registrere fiskens habitatbruk rundt utløpet ble det montert en lyttestasjon på 5 meters dybde 200 meter fra land. En kontrollstasjon ble plassert i lignende habitat 1000 m unna, i sørvestlig retning.

Wacker Chemicals Norway AS har en silisiumfabrikk ved Hollaelva, 5 km fra Kyrksæterøra. Denne er plassert langs fjorden med et 250 m langt kaianlegg. En lyttestasjon ble plassert i hver ende av kaia (figur 1).

Halvveis inne i Snillfjorden har Lerøy Midnor AS et landbasert settefiskanlegg med produksjonsvatn fra Skorillelva. En lyttestasjon ble montert på et fast kaianlegg 50 meter fra elveosen (figur 1).

Tillatelse til å plassere lyttestasjoner i fjordsystemet ble innhentet fra Kystverket og Kristiansund havnevesen, mens tillatelse til plasseringen i ferskvann ble innhentet fra lokale grunneiere. Alle lyttestasjonene inngikk i det internasjonale forskernettverket Ocean Tracking Network (www.oceantrackingnetwork.org).

2.6 Tilbakeberegning av alder og dataanalyser

Aldersanalyse ble basert på skjell fra de enkelte sjøørret (Nall, 1930; Závorka mfl., 2014).

Kondisjonsfaktoren hos fisk betegner forholdet mellom lengde og vekt. Lengde-vekt forholdet hos fisk beskrives vanligvis med en eksponentiell funksjon (Le Cren, 1951): $W = a \cdot L^b$ der W = vekt (g), L = lengde (cm), a = en konstant og b varierer mellom 2,5 og 4,0 hos forskjellige fiskearter. Hos fiskearter som ikke forandrer kroppsform ettersom fisken vokser (isometrisk vekst) er $b = 3$. Dette antas stort sett å være gjeldende for laksefisk (Svenning & Christensen, 1996). Ved å benytte $b = 3$ og $a = k/100$ i Le Crens formel kan vi utlede Fultons formel for k -faktor (Fulton, 1904):

$$K = \frac{\text{vekt (gram)} \times 100}{\text{lengde}^3 \text{ (cm)}}$$

På de 43 lyttestasjonene ble det i alt gjort 180 935 registreringer av fisk. På lyttestasjonene i utløpet av Søa, innerst i Hemnfjorden og ved Søa kraftverk ble mange sjøørret registrert samtidig i lange perioder. Dette øker risikoen for falske registreringer av fisk på grunn av signalkollisjoner fra senderne. For å minimere denne risikoen ble dataene fra disse stasjonene filtrert slik at en id kode måtte registreres to ganger innen 10 minutt for å bli akseptert som en gyldig registrering av fisk (Pincok, 2012). Ytterligere detaljer om metode for kvalitetssikring og filtrering av de akustiske data er gitt i Flaten (2015).

Tidspunkt for utvandring fra Søa til Hemnfjorden ble beregnet fra første registrering i elveosen, mens oppvandring fra Hemnfjorden til Søa ble beregnet fra siste registrering i elveosen.

Med utgangspunkt i hvor langt sjøørretene vandret fra vassdraget hvor de ble merket, ble de inndelt i gruppene «kortvandrende», «langtvandrende til ytre Hemnfjord» og «langtvandrende til Snillfjord».

Ved analyser av oppholdstid rundt oppdrettsanlegg og utløp fra Søa kraftverk ble sjøørret som kun passerte forbi lokaliteten ikke regnet med. Antall opphold og lengden av disse ble for hver lokalitet sammenlignet med kontrollstasjoner 1000 meter unna (bortsett fra Hafsmo hvor kontrollstasjon var 2000 meter unna). Dette ble gjort ved hjelp av funksjonen «Residency search» i programmet VUE (versjon 2.2.2, www.vemco.com). Et opphold ble godkjent hvis det var minimum to registreringer med mindre enn 60 minutter mellom. Var fraværet fra lokaliteten på 60 minutter eller mer etter et

godkjent opphold, skulle det to nye registreringer til for at det ble registrert som et nytt opphold. Grunnet et stort antall registreringer ved utløpet av SØa kraftverk og denne lokalitetens kontrollstasjon, og dermed økt risiko for falske registreringer, måtte det her være tre registreringer for at oppholdet skulle bli godkjent, og fravær før et nytt opphold ble registrert måtte være på minst 120 minutter.

Alle gruppegjennomsnitt ble beregnet på bakgrunn av individuelle gjennomsnitt for å sikre uavhengighet i dataanalysene. Statistiske analyser ble gjort i programmet r (version 3.0.2) <http://www.r-project.org/>.

3 Resultater

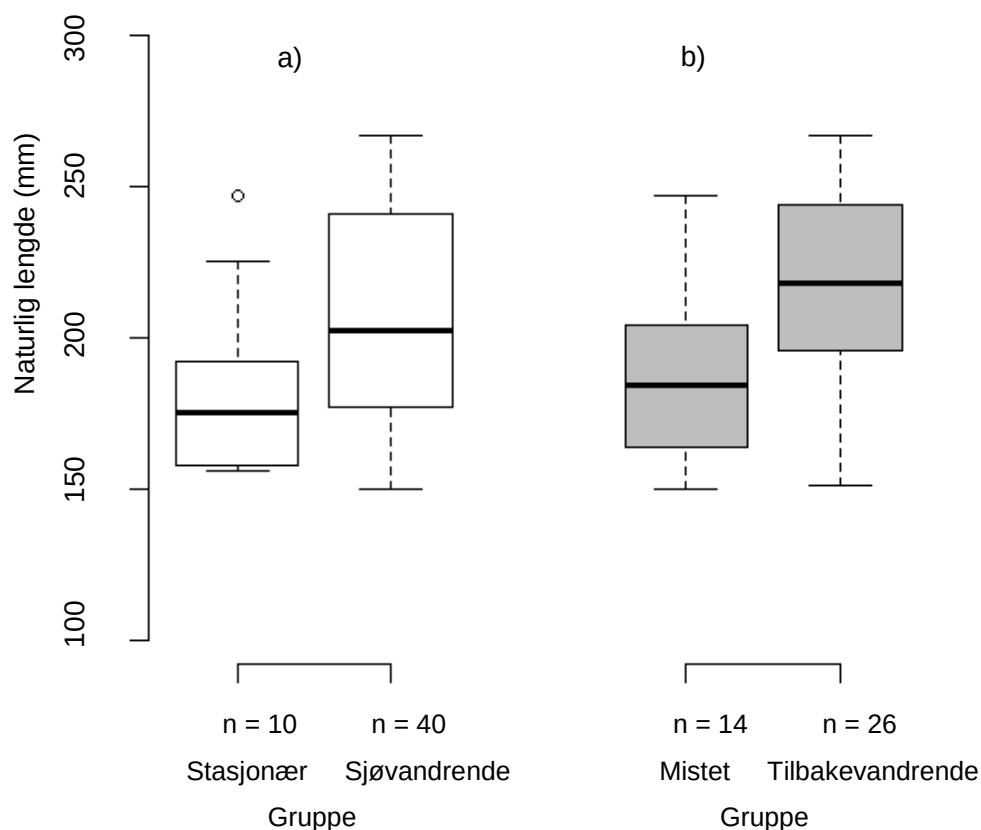
3.1 Smoltalder, kondisjon og nivåer av kortisol, plasmaklorid og magnesium

Ifølge skjellanalysene var alle de 50 merkede sjøørretene førstegangsvandrere (smolt). Gjennomsnittlig alder var 3,0 år (variasjonsbredde 2-4 år; s.d. = 0,7). Gjennomsnittlig kroppslengde var 202 mm (variasjonsbredde 150-267 mm; s.d. = 36). Det var en positiv sammenheng mellom kroppslengde og alder (Pearson korrelasjon = 0,57; $P < 0.001$). Gjennomsnittlig kondisjonsfaktor var 0,76 (variasjonsbredde 0,63-0,85; s.d. = 0,05). Nivået av plasmakortisol etter fangst i smoltskruen var relativt høyt (21.05.: gjennomsnitt 391 nM, variasjonsbredde 235-521 nM; s.d = 104; 27.05.: gjennomsnitt 537 nM, variasjonsbredde 322-779 nM; s.d = 140). Nivået av plasmaklorid var også noe høyt i første prøverunde (107 mM, variasjonsbredde 88-117 mM, s.d = 8), mens det var normalt i andre runde (118 mM, variasjonsbredde 112-123 mM, s.d = 3). Magnesiumverdiene var normale i begge rundene (21.05.: gjennomsnitt 0,92 mM, variasjonsbredde 0,58-1,20 mM, s.d = 0,28; 27.05.: gjennomsnitt 0,96 mM, variasjonsbredde 0,92-1,01 mM, s.d = 0,03). Stressnivået var altså noe forhøyet etter fangst og håndtering, men med oppholdet i oppvåkningskarret og utsetting på en rolig plass i elva etter merking var det forventet at nivået sank igjen (ikke målt) forut for utvandringen.

3.2 Overlevelse

I alt ble 40 av 50 merket sjøørretsmolt registrert på lyttestasjonene i sjøen (figur 4). Av de 40 som forlot Søavassdraget returnerte 26 fisk innen 26. november 2014, hvilket gir en minimum sjøoverlevelse på 65 %. Av de 14 individer som ikke returnerte til vassdraget i løpet av undersøkelsesperioden, hadde syv siste registrering i indre Hemnfjord (H1), tre i midtre Hemnfjord (H2), én i Snillfjord (S1) og tre i de ytterste deler av Hemnfjorden (H4). Kroppslengden var større hos de 26 smolt (gjennomsnitt 214 mm) som returnerte til Søavassdraget enn hos de resterende 14 individer (gjennomsnitt 192 mm; t-test, $N=40$, $P<0,05$). Av de 26 individer som returnerte, vandret 22 helt opp til Rovatnet mens 4 hadde siste registrering i Sør nedstrøms Rovatnet.

Syv av de ti individer som ikke vandret til sjøen svømte etter merking tilbake oppstrøms til Rovatnet hvor de ble resten av sommeren. De resterende tre ble registrert for siste gang 150 meter nedstrøms der de ble satt ut etter merking. De 40 smolt som vandret til sjøen hadde større kroppslengde enn de resterende ti (t-test, $N= 50$, $P<0,05$).

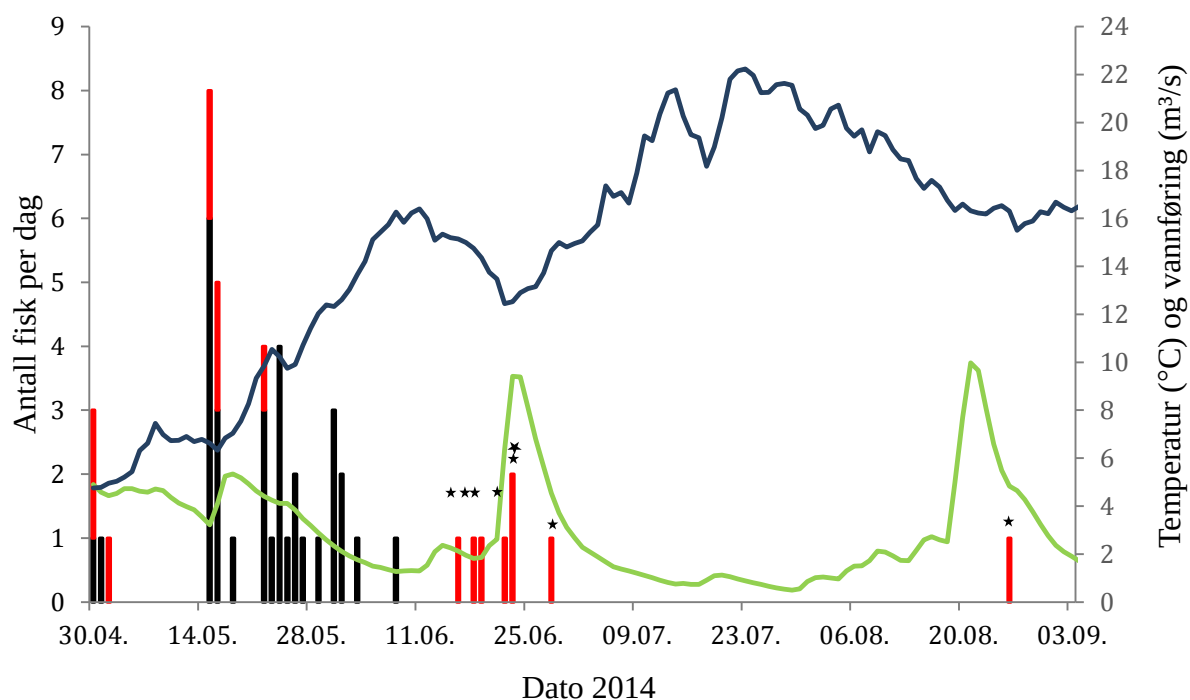


Figur 4: Naturlig lengde (mm) hos de merkede fiskene i forhold til observert vandringsatferd. a) Stasjonær gruppe: individer som ble værende i Rovatnet etter merking. Sjøvandrende gruppe: individer som vandret fra elven Sør til Hemnfjord. b) Individer forsvunnet i løpet av den første sjøvandringen, og individer som vandret tilbake til elva Sør. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdi er angitt med sirkel.

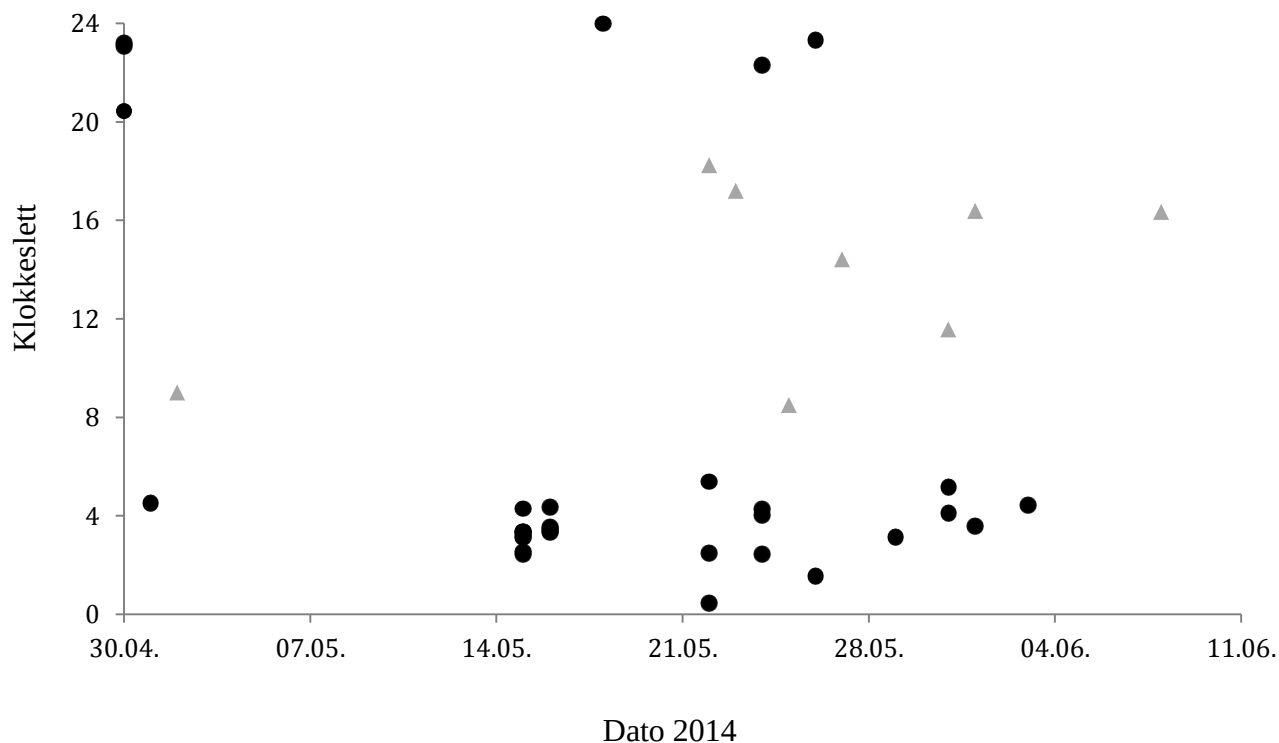
3.3 Ut- og oppvandring mellom Sør og Hemnfjorden

Utvandring

For 8 av de 26 fisk som returnerte til ferskvann fra sjøen, ble det registrert to utvandring til fjorden i løpet av våren og sommeren. Median utvandringsdato for første utvandring var 22. mai (variasjonsbredde 30. april – 8. juni, N=40, figur 5), mens median utvandringsdato for andre utvandring var 22. juni (variasjonsbredde 16. juni – 26. august, N=8, figur 5). Under den første utvandringen var temperaturen økende, mens vannføringen var fallende. Under andre utvandring forlot 7 av 8 fisk elva på fallende temperatur, mens det var både jevn og kraftig økning i vannføringen i løpet av denne perioden. De fleste smolt vandret ut i fjorden på natten (80 %, Kji-kvadrat, N=40, $P > 0,001$, figur 6)



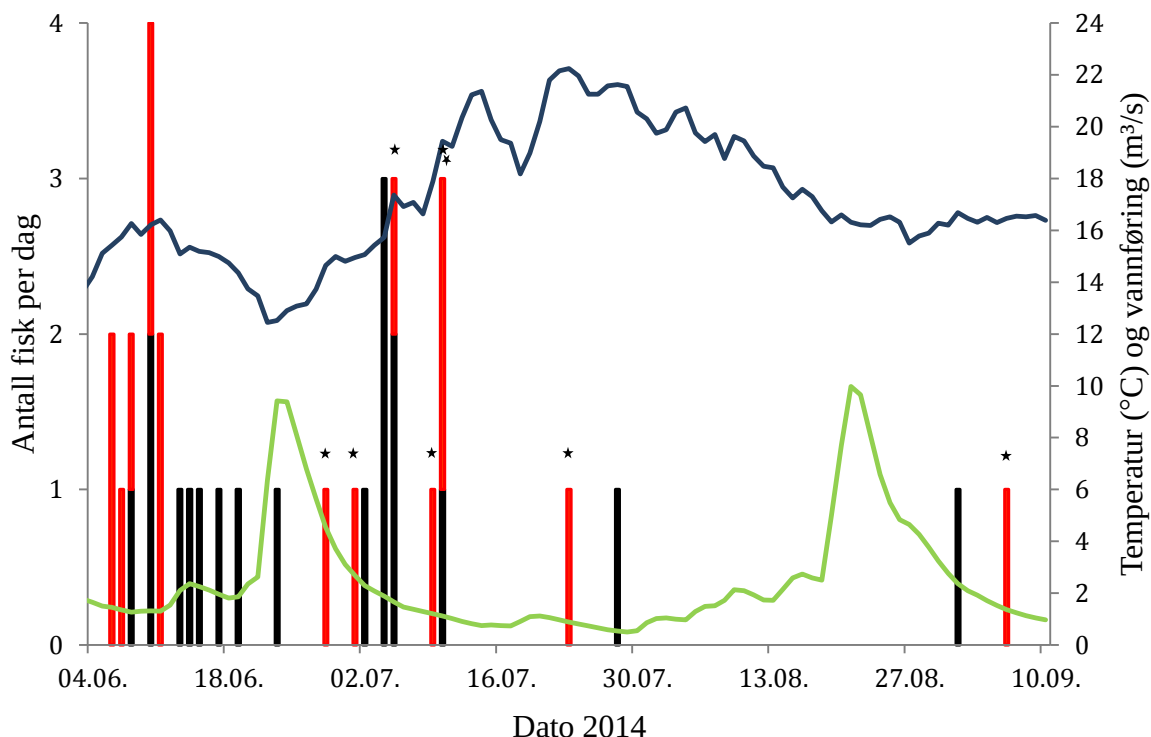
Figur 5: Vanntemperatur (blå linje) og vannføring (grønn linje) under utvandningsperioden fra elva Sør til Hemnfjorden hos de 40 merkede sjørretene. Stolpene representerer antallet utvandrende fisk per dag. Sorte stolper representerer fiskene som hadde én sjøvandring i løpet av sommerperioden, mens de røde stolpene representerer fiskene med to sjøvandringer. De røde stolpene med stjerne representerer de åtte fiskenes andre sjøvandring.



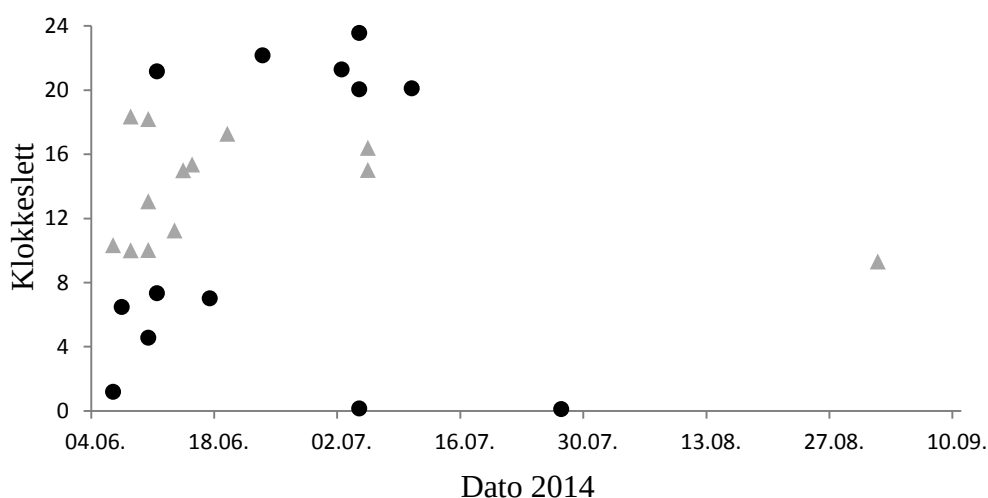
Figur 6: Dato og tid på døgnet for utvandringen fra elva Sør til Hemnfjorden, der symbolene viser utvandringstidspunktet for ulike individer. Grå symboler viser utvandring på dagen (08:00-20:00), mens sorte symboler viser utvandring på natten. Individer som vandret ut to ganger samme sommer er kun vist med første utvandring.

Oppvandring

Median oppvandringsdato for første oppvandring var 4. juli (variasjonsbredde 06.06 – 01.09, N=26). Median oppvandringsdato for andre oppvandring var 09.07 (variasjonsbredde 28.06 – 06.09). Av totalt 34 registrerte oppvandring foregikk 29 ved vanntemperatur i elva under 18°C (figur 7). Vannføringen var både økende og fallende under oppvandringen. Det var ingen forskjell mellom dag og natt i antall post-smolt som vandret fra fjorden og opp i elva (figur 8, Kji-kvadrat, N=26, P=1,0).



Figur 7: Vanntemperatur (blå linjer) og vannføring (grønn linje) under tilbakevandringen til ferskvann, fra Hemnfjord til elva Sòa, hos de 26 tilbakevendende sjørretene. Stolpene representerer antall individer per dag som vandrer opp i elva. De sorte stolpene representerer antall individer som bare hadde én sjøvandring i løpet av sommerperioden, mens de røde stolpene representerer de individene som hadde to sjøvandring. De røde stolpene med stjerne representerer individenes andre tilbakevandring til ferskvann.



Figur 8: Dato og tid på døgnet for tilbakevandringen fra Hemnfjorden til elva Sòa, der symbolene viser tilbakevandringstidspunktet for ulike individer. Grå symboler viser tilbakevandring på dagen (08:00-20:00), mens sorte symboler viser tilbakevandringen på natten. Individer som vandret ut to ganger samme sommer er kun vist med første oppvandring.

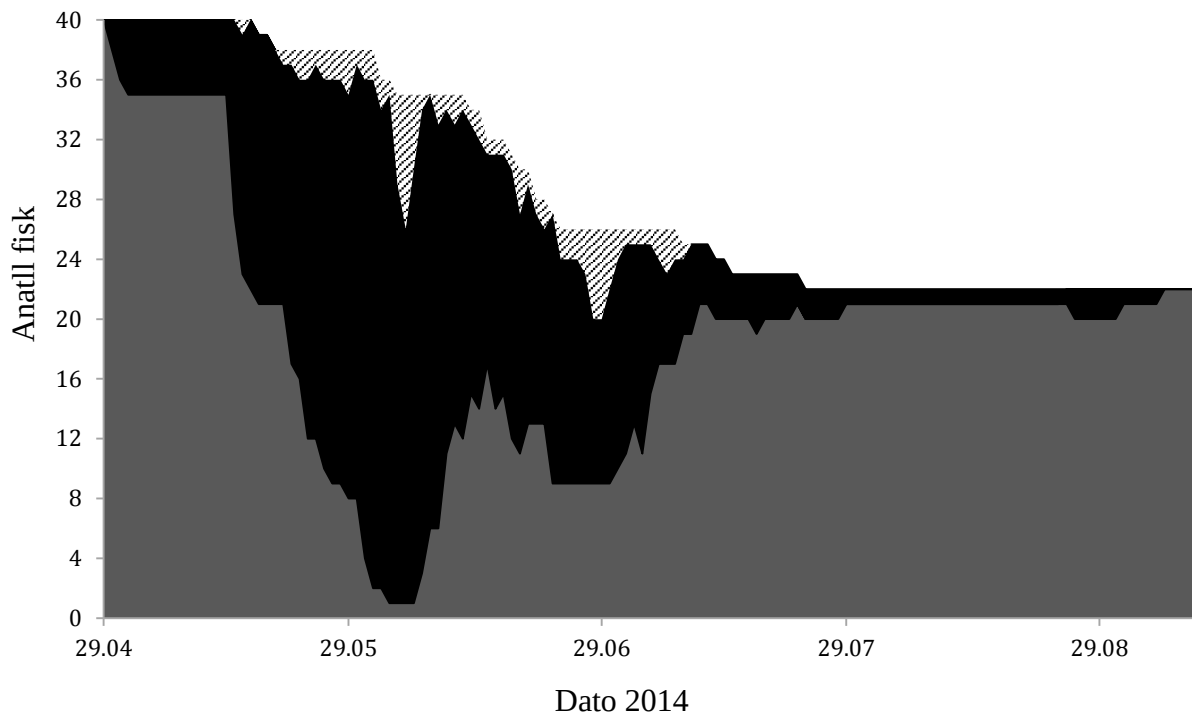


Bilde 5: Utløpet fra elva Sør til Hemnfjorden. Foto: Jan Grimsrud Davidsen.

3.4 Opphold i fjorden

Oppholdstid

Antall merkede post-smolt i fjordsystemet økte frem mot 03.06, da 35 av 40 post-smolt ble registrert i fjorden samtidig (Figur 9, svart område). Fra 05.06 avtok antall individer i fjorden gradvis, mens det økte igjen fra 22.06, da 8 individer etter å ha returnert til ferskvann foretok en ny utvandring. I den ytre del av fjorden var det merkede post-smolt i perioden 20.05 - 09.07 (skravert område). Fra 29.07 - 05.09 var det kun 1 (2 i perioden 25.08 - 31.08) post-smolt i fjorden.

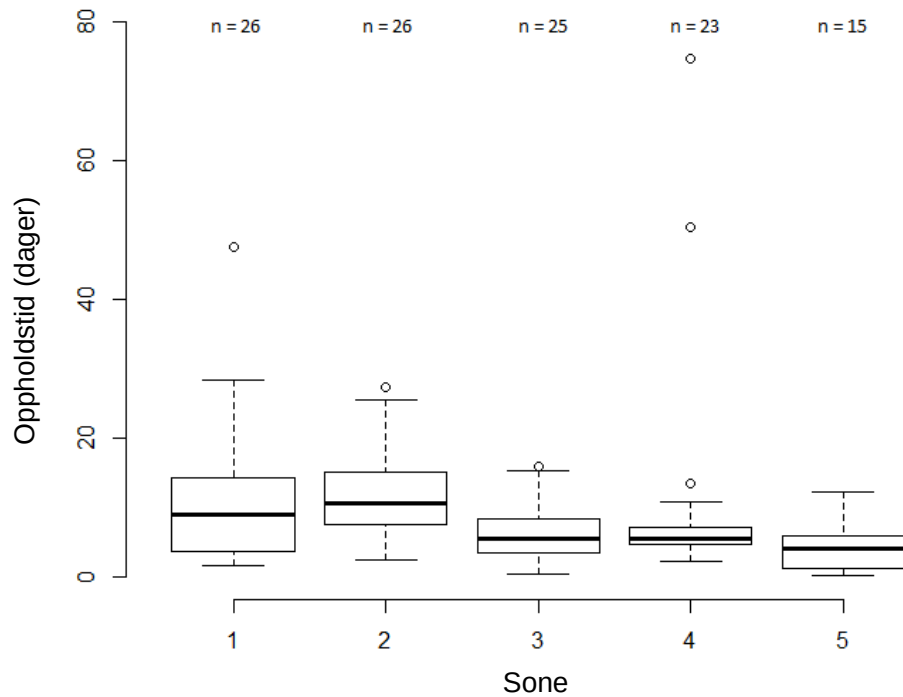


Figur 9: Antallet merkede individer registrert i ferskvann (grå), i fjordsystemet (svart) og i ytre deler av undersøkelsesområdet (skravert) i løpet av undersøkelsen sommeren 2014.

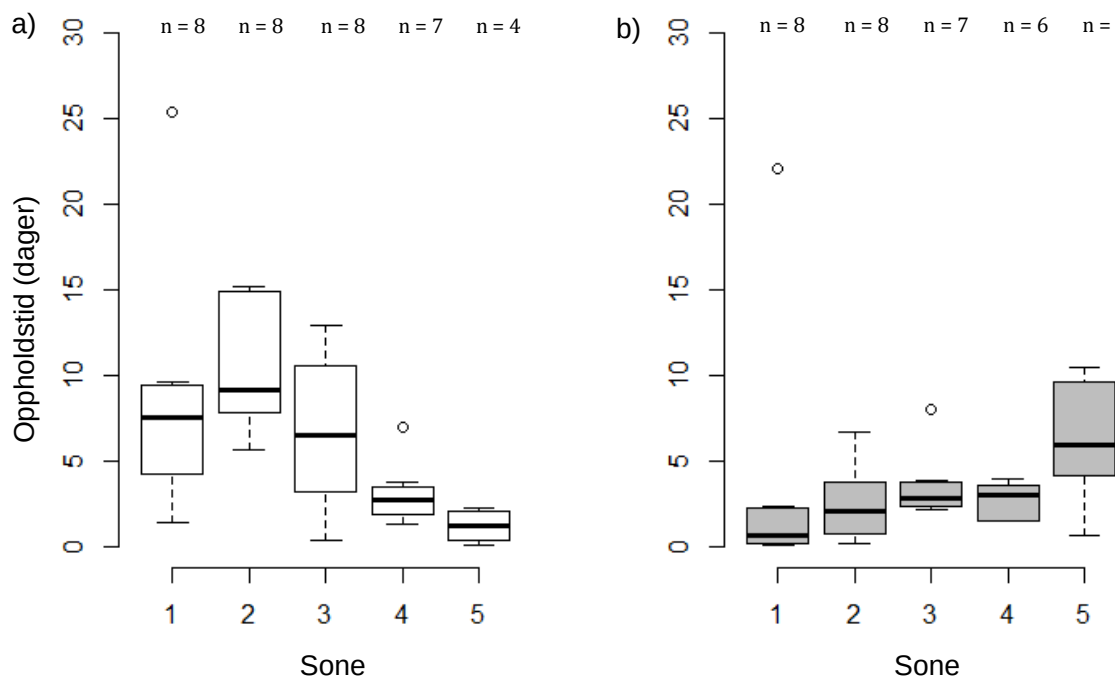
Det var stor individuell forskjell i varigheten på sjøoppholdet (variasjonsbredde 22-99 dager, median oppholdstid 38 dager, $N=26$, s.d. = 17). Den best tilpassede modellen ($r^2 = 0.30$, $P < 0.05$) viste at antall dager i sjøen var positivt korrelert med alder og kondisjonsfaktor. Modellen forklarte imidlertid kun 30 % av variasjonen, så andre ukjente faktorer, som for eksempel metabolisme, må også være viktige for å forklare de individuelle forskjellene. For flere detaljer om modellen, se Flaten mfl. (submitted).

Post-smolten hadde under det første sjøvandringen ($N=26$) ulik oppholdstid i de fem soner i fjorden (Kruskal-Wallis test, $P < 0.001$; figur 1 og 10). Oppholdstiden var lengre i sone 1 (median 9 dager) enn i sone 5 (median 4 dager, post-hoc Nemenyi test, $N = 51$, $P < 0,05$) og i sone 2 (median = 10 dager) enn i sone 3 (median = 6 dager, $P < 0,05$) og 5 (median = 4 dager, $P < 0,001$).

De 8 post-smolt som hadde to sjøvandringer samme sommer oppholdt seg lengre tid i sjøen (Mann-Whitney U -test, $n = 16$, $p = 0,002$) under første sjøvandring (median oppholdstid 26 dager (variasjonsbredde 19 – 40 dager, s.d. = 8,2) enn under den andre sjøvandringen (median oppholdstid 15 dager (variasjonsbredde 11 – 25 dager, s.d. = 4,9). Median oppholdstid i innsjøen Rovatnet mellom de to sjøvandringene var 14 dager (variasjonsbredde 5-79 dager, s.d.= 23,8). Fiskene oppholdt seg lengre i sone 2 under den første sjøvandringen (median = 9 dager) enn den andre (median = 2 dager; $N = 16$; $P < 0,001$; figur 1 og 11). Motsatt var oppholdstiden lengre i sone 5 under den andre sjøvandringen (median = 5,9 dager) enn den første (median = 1,2 dager; $N = 10$, $P = 0,019$). Det var ingen forskjell på oppholdstiden i sone 1, 3 og 4 (sone 1: $N=16$, $P=0,19$; sone 3: $N=15$, $P=0,11$; sone 4: $N=13$, $P=0,67$).



Figur 10: Oppholdstid i ulike deler av fjorden under den første sjøvandringen. I boksplottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkler.

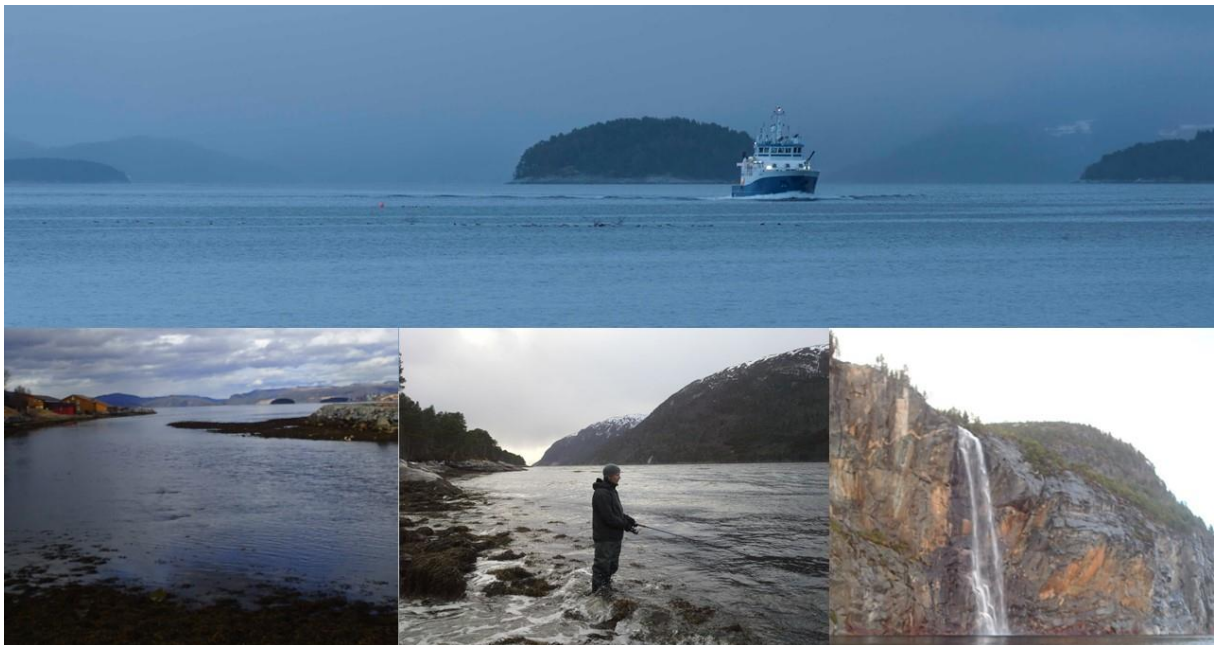


Figur 11: Oppholdstid i ulike deler av fjorden for 8 sjørret post-smolt som gjennomførte to sjøvandringer samme sommer. a) Oppholdstid under den første sjøvandringen. b) Oppholdstid under den andre sjøvandringen. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkler.

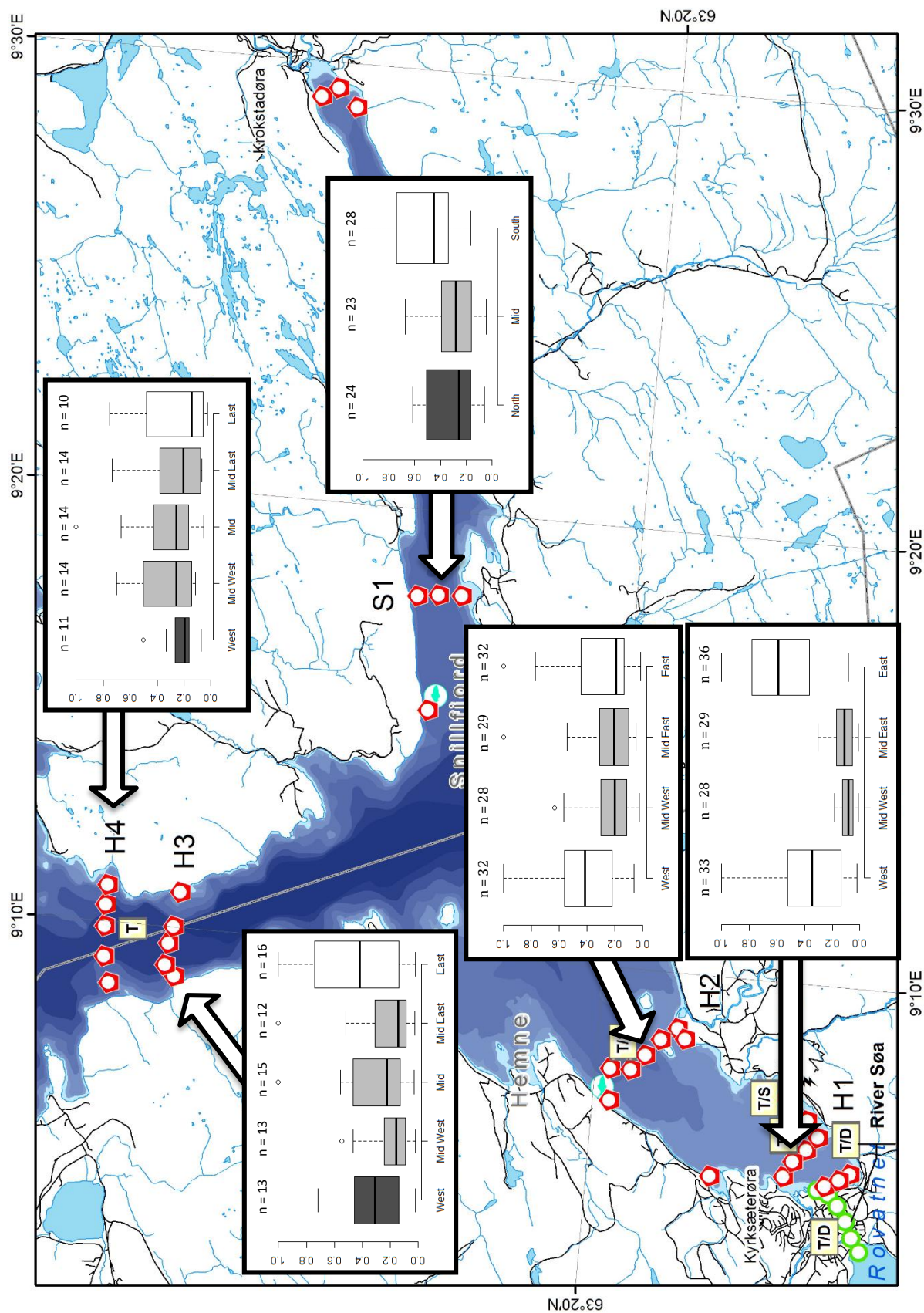
Bruk av indre/ytre deler av fjorden samt opphold nær land versus frie vannmasser

Det var store individuelle forskjeller i bruken av de frie vannmasser (pelagialen) og de nære strandområder med (SMK) og uten bratte klipper (SUK, figur 12). Linjene H1 og H2 bestod kun av SUK og pelagiske områder. I linjen H1 (figur 1) var post-smolten oftere i SUK områdene (gjennomsnitt 85 % av registreringene, variasjonsbredde 2-100 %) enn i pelagialen (gjennomsnitt 15 %, variasjonsbredde 1-30 %; Kji-kvadrat test, $N=39$, $P<0,001$). Tilsvarende gjaldt for linjen H2 (SUK: gjennomsnitt 62 %, variasjonsbredde 2-100 %; pelagisk: gjennomsnitt 38 %, variasjonsbredde 3-100 %; $N=37$, $P<0,05$). Linjen S1 bestod både av SMK, SUK og pelagisk område. Post-smolten brukte SUK området mer enn det pelagiske (SUK: gjennomsnitt 68 %, variasjonsbredde 6-100 %; pelagisk: gjennomsnitt 32 %, variasjonsbredde 4-67 %; $N=29$, $P<0,001$), mens det ikke var forskjell mellom det pelagiske og SMK området (SMK: gjennomsnitt 53 %, variasjonsbredde 6-62 %; pelagisk: gjennomsnitt 47 %, variasjonsbredde 4-67 %; $N=29$, $P>0,05$).

I linjen H3 i ytre del av fjorden var post-smolten, på samme måte som i S1, like ofte registrert i SMK området som i det pelagiske område (SMK: gjennomsnitt 53 %, variasjonsbredde 2-72 %; pelagisk: gjennomsnitt 47 %, variasjonsbredde 2-100 %; $N=22$, $P>0,05$), mens den oftere var registrert i SUK området enn i pelagialen (SUK: gjennomsnitt 67 %, variasjonsbredde 2-100 %; pelagisk: gjennomsnitt 33 %, variasjonsbredde 2-100 %; $N=22$, $P<0,001$). Ved den aller ytterste linjen H4 var det derimot ingen forskjell mellom hverken SUK området og pelagialen (SUK: gjennomsnitt 48 %, variasjonsbredde 2-75 %; pelagisk: gjennomsnitt 52 %, variasjonsbredde 6-100 %; $N=18$, $P>0,05$) eller SMK området og pelagialen (SMK: gjennomsnitt 47 %, variasjonsbredde 7-50 %; pelagisk: gjennomsnitt 53 %, variasjonsbredde 6-100 %; $N=18$, $P>0,05$).



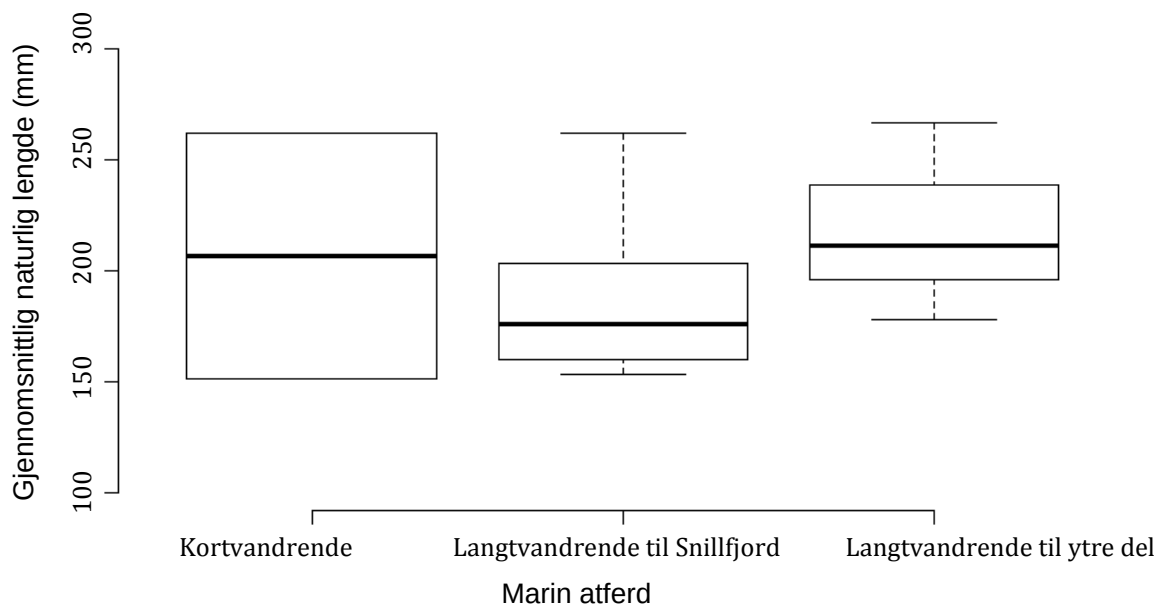
Bilde 6: Eksempler på fire typer habitat i Hemnfjorden. Øverst er de frie vannmasser (pelagialen). Nederst vises elveos (venstre), nære strandområder uten bratte klipper (SUK, midt) og nære strandområder med bratte klipper (SMK, høyre).



Figur 12: Andel av registreringer i henholdsvis strandsonen (hvite bokser), frie vannmasser (pelagialen, lys grå bokser) og ved klippeområder (mørk grå bokser). Røde symboler angir posisjoner på lyttestasjonene. n angir antall individuelle sjørør registrert på den enkelte stasjon. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkel.

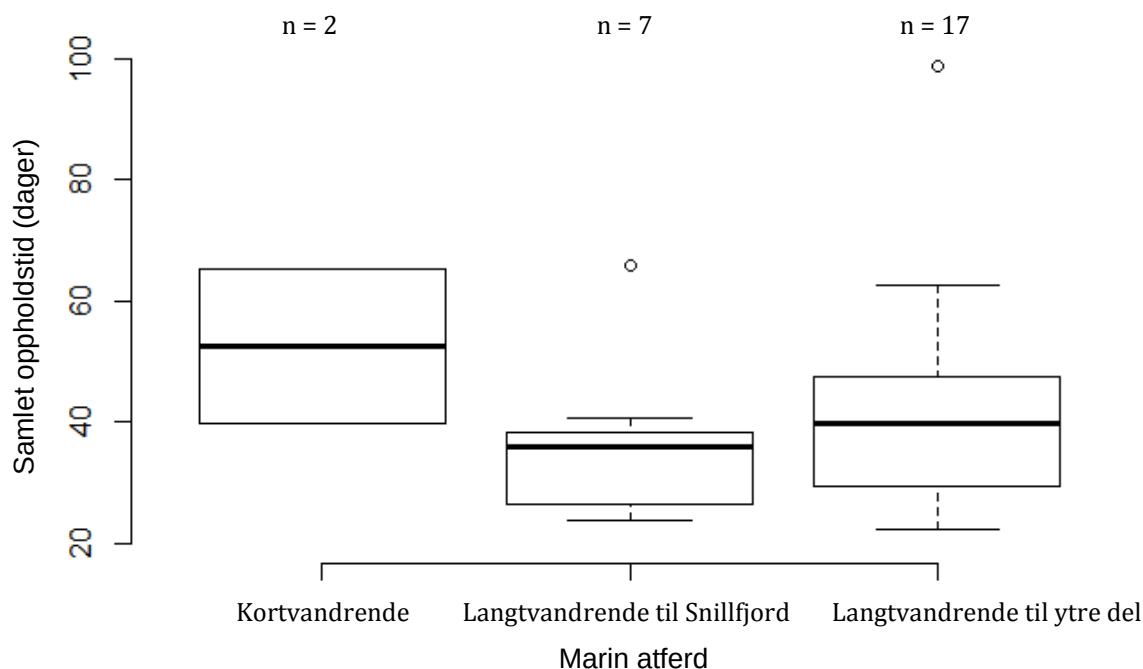
I alt ble 33 post-smolt karakterisert som enten kort- eller langtvandrende individer. To fisk var kortvandrende (KV, 6 %) og disse ble aldri registrert i linjen H2 eller lengre ut (figur 1). De resterende 31 post-smolt (96 %) var langtvandrende (LV, 94 %). Ni av disse vandret forbi linjen S1 og inn i Snillfjorden (minimum distanse fra elveosen 15 km), men ble aldri registrert i linjene H3 eller H4 i de ytre deler av fjorden. I en eller begge av de ytterste linjene (H3 og H4) ble 22 post-smolt (67 %) registrert. Av disse hadde 20 også blitt registrert i S1, hvilket gir en minimum (beregnet til H3) distanse fra elveosen på 25 km. De resterende 2 hadde minimum vært 15 km unna elveosen.

De kortvandrende individene hadde en median kroppslengde på 207 mm (variasjonsbredde 151-262 mm, s.d. = 78; figur 13). De langtvandrende individene som kun vandret til Snillfjord hadde mindre median kroppslengde (176 mm, variasjonsbredde 153-262 mm, s.d. = 36), enn de langtvandrende som vandret helt til H4 (212 mm, variasjonsbredde 178-267 mm, s.d. = 27; Mann-Whitney U-test, $N_1=22$, $N_2=9$, $P<0,05$)



Figur 13: Gjennomsnittlig naturlig lengde (mm) for gruppene kortvandrende, langtvandrende til Snillfjord og langtvandrende sjørret til ytre del av studieområdet. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier.

Det var ikke noen forskjell i oppholdstid i fjorden (figur 14) mellom de langtvandrende individene som kun vandret til Snillfjorden (median 36 dager, variasjonsbredde 24-66 dager) og de som vandret til ytterste linje H4 (median 40 dager, variasjonsbredde 22-99 dager; Mann-Whitney U-test, $N_1=9$, $N_2=22$, $P>0,05$). De to kortvandrende individene hadde median oppholdstid på 53 dager (variasjonsbredde 40-65 dager).



Figur 14: Samlet oppholdstid i sjøen for gruppene kortvandrende, langtvandrende til Snillfjord og langtvandrende sjørret til ytre del av studieområdet i perioden 30.04 - 26.11.2014. For individer med to utvandring er kun første utvandringen inkludert. I boks-plottet er medianverdien angitt med strek, mens 50 % av måleverdiene ligger innenfor boksen. Loddrette stiplede linjer angir 5 % og 95 % intervall for målte verdier. Ekstremverdier er angitt med sirkler.

3.5 Oppholdstid rundt oppdrettslokaliteter og utløpet fra Sjøa kraftverk

Hverken oppdrettslokalitetene eller utløpet fra Sjøa kraftverk hadde besøk av flere individuelle post-smolt enn de respektive kontrollstasjoner (tabell 4). Til gjengjeld hadde samtlige kontrollstasjoner totalt sett flere besøk enn oppdrettslokalitetene og kraftverksutløpet. Når det kom til gjennomsnittlig oppholdstid var det ikke forskjell mellom oppdrettsanleggene Hafsmo og Troan og deres kontrollstasjoner, eller mellom kraftverksutløpet og deres kontrollstasjon, men oppholdstid var lengre på Stokkvika kontrollstasjon enn ved Stokkvika oppdrettsanlegg.

Tabell 4. Forskjeller i oppholdstid mellom oppdrettsanlegg/kraftverksutløp og deres kontrollstasjoner. Forskjeller i antall besøk og antall individuelle post-smolt ble testet med Kji. Kvadrat-tester, mens forskjeller i oppholdstid ble testet med Welch's t-tester.

	Hafsmo	Hafsmo kontroll	Troan	Troan kontroll	Stokkvika	Stokkvika kontroll	Søa kraftverk	Søa kraftverk kontroll
Antall opphold	29	90	99	136	45	117	294	349
Antall post-smolt	18	13	27	31	21	27	32	35
Gjennomsnittlig oppholdstid	51	25	16	23	10	25	176	188
Variasjonsbredde	1-613	1-362	1-179	1-205	1-66	1-129	1-2227	1-5046
Standardavvik	132	48	24	33	12	30	274	470
P-verdi (antall besøk)		<0,001		<0,05		<0,001		<0,05
P-verdi (antall post-smolt)		>0,05		>0,05		>0,05		>0,05
P-verdi (oppholdstid)		>0,05		>0,05		<0,001		>0,05

4 Diskusjon

4.1 Overlevelse

Den ville sjøørret post-smolten fra Søavassdraget hadde en høy sjøoverlevelse under både den første (minimum 65 % overlevelse) og andre utvandringen (100 % overlevelse). Dette er markant høyere enn rapportert fra andre vassdrag. Over perioden 1976-2005 var gjennomsnittlig sjøoverlevelse til sjøørret post-smolt i elva Imsa på 15 % (Jonsson & Jonsson, 2009), mens 16 % av klekkeriproduisert post-smolt i Nidelva, Trondheim, returnerte til elva etter første sommer i sjøen (Davidsen mfl., 2014a). Én årsak til den høye overlevelsen til post-smolt fra Søavassdraget kan være at Hemnfjorden har mange strandnære områder med tangbelter. Dette gir gode muligheter for skjul og næring. Sjøoverlevelsen var positivt korrelert med kroppslengde, hvilket også er kjent fra andre undersøkelser (Jonsson & Jonsson, 2011). Det kan spekuleres i om tilgangen til innsjøen Rovatnet i Søavassdraget gir ungfishen mulighet for bedre tilvekst enn rene elvelevende individer. Gjennomsnittlig naturlig kroppslengde var 202 mm, hvilket må anses som en stor sjøørret smolt (Jonsson & Jonsson, 2011), men samtidig viste tilbakeberegnet vekst fra skjell fra sjøørretveteraner at det ikke var forskjell på tilveksten mellom individer fra Søavassdraget og elva Snilldalselva (uten innsjø), som også drenerer ut i Hemnfjorden (Davidsen mfl., 2014b).

4.2 Ut- og oppvandring mellom Sjøa og Hemnfjorden

En tredjedel av post-smolten som overlevde sjøoppholdet gjennomførte en ny sjøvandring samme år. Det er uklart om dette er en del av den store variasjonen i vandringsatferd som er observert hos sjøørret (e.g. Jonsson & Jonsson, 2011; Eldøy mfl., 2015), eller om det er et eksempel på prematur tilbakevandring hvor sjøørret med mye lakselus vandrer tilbake i ferskvann eller brakkvann fordi de har problemer med osmoreguleringen (Birkeland & Jakobsen, 1997; Gjelland mfl., 2014). Individerne som vandret ut i sjøen gang nummer to samme sommer returnerte alle etter første sjøvandring innenfor en periode på seks dager tidlig i juni (uke 23-24), og denne perioden sammenfalt med at det var så høye lusetettheter ($> 0,5$ lus pr individ; pers kom. Nina Santi, Aqua Gen AS) ved oppdrettslokalitetene i fjorden at avlusning måtte iverksettes. Da ingen av fiskene som returnerte ble gjenfanget eller filmet med video, er det uklart om disse hadde påslag av lakselus.

Under den første utvandringen forlot 80 % av smolten elva på natten, hvilket samstemmer med tidligere undersøkelser av sjøørret og laksesmolt (Moore & Potter, 1994; Moore mfl., 1998; Davidsen mfl., 2009). Utvandring om natten kan være en strategi for å minske risikoen for å bli spist av rovdyr som torsk, måker og havørn som jager med synet (Solomon, 1982; Jepsen mfl., 2006), og overgangen mellom elv og sjø er spesielt kjent som et område med stor smoltdødelighet (Dieperink mfl., 2002).

Utvandringen fant sted på både økende og synkende vannføring, mens temperaturen generelt var økende. Økende vannføring og dermed økt vannhastighet kan virke energibesparende for utvanderende smolt og ofte vil vatnet samtidig bli farget slikt at smolten enklere kan skjule seg. Sammenheng mellom økt vannføring og utvandringstidspunkt for smolt fra laks og sjøørret er kjent fra flere vassdrag (e.g. Hvidsten mfl., 1995; Aldvén mfl., 2015). At det ikke var sammenheng mellom vannføring og utvandring i denne undersøkelsen kan skyldes at det i hele perioden var nok vann i Sjøa, samt at strekningen mellom Rovatnet og elveosen kun er to km. Derved vil gevinsten ved å vente på økt vannføring for å nyttiggjøre seg denne under utvandringen sannsynligvis være mindre enn ulempen ved å vente på dette. Rovatnet har en dempende effekt på vannføringen i elva slik at økninger etter nedbør vil ta lengre tid enn i rene elvevassdrag. Den manglende sammenhengen mellom vannføring og utvandring har også tidligere blitt registrert hos sjøørretveteraner i samme vassdrag (Davidsen mfl., 2014b). Sammenhengen mellom utvandringstidspunkt og økende vanntemperatur er godt kjent fra andre vassdrag (Solomon, 1978, 1982; Jonsson & Jonsson, 2002). Økt temperatur gir økt metabolisme og dermed forbedret svømmeevne, hvilket vil være fordelaktig under utvandringen (Høgåsen, 1998).

Like mange post-smolt vandret tilbake til Rovatnet om natten som om dagen og det var ingen sammenheng med vannføringen i elva. Dette samsvarer med oppvandringen til sjørretveteranene i samme vassdrag (Davidsen mfl., 2014b).

4.3 Opphold i fjorden

Det var stor forskjell i oppholdstiden til de enkelte post-smolt i fjorden. Oppholdstid i fjorden økte med både alder og kondisjonsfaktor, noe som tyder på at forhold som påvirker smolten i ferskvann har betydning for varigheten på sjøoppholdet. Disse faktorer forklarte imidlertid kun 30 % av variasjonen, og dette betyr at andre faktorer enn de undersøkte, som for eksempel metabolisme (Metcalf mfl., 2015) og miljøforhold i sjøen, også må være viktige. Det var flest post-smolt i sjøen i perioden fra midten av mai til midten av juni. Utvandringstidspunktet for sjørretsmolt i Norge varierer fra mars til august (Jonsson & Jonsson, 2011) med tidligere utvandring i sør enn i nord, og er antatt å være tilpasset lokale forhold som næringstilgang og sjøtemperatur på samme måte som laksesmoltens (McCormick mfl., 1998) utvandring.

Post-smolten benyttet hele fjordsystemet, og oppholdt seg like mye i sone 3 (midtre del av fjorden) som i sone 1 (innerste del). At sjørret post-smolten kan vandre flere titalls kilometer bort fra elveosen er også vist i andre områder (Jonsson, 1981; Pratten & Shearer, 1983; Jonsson mfl., 1995; Urke mfl., 2010). Målinger av salinitet i fjorden viste at saliniteten var lavere ved transekt H2 (mellom sone 2 og 3) enn H1 (mellom sone 1 og 2), og post-smolten har dermed tilsynelatende ikke hatt osmoregulatoriske ulemper ved å vandre lenger enn indre del av fjorden. Individuer som vandret til ytterste deler av fjorden hadde større naturlig kroppslengde enn de som kun vandret inn i Snillfjorden. Dette kan ha en sammenheng med at de største fiskene hadde mulighet for å beite på pelagiske fisk i de ytre deler av fjorden.

Det kan spekuleres i at den store variasjonen i habitatbruk kan avspeile næringstilgangen i de ulike områdene. I strandnære områder og estuariet, hvor post-smolten oppholdt seg mesteparten av tiden, kan post-smolten beite på et bredt utvalg av byttedyr, mens tilbudet i pelagialen i all hovedsak begrenser seg til reker, krill og pelagiske fisk. I strandnære områder med bratte klipper er mattilgangen mer sparsom for sjørreten. Sjørret er gjerne generalister og beiter i alle de nevnte habitat (Davidsen mfl., submitted). Variasjonen i habitatbruk tilsvarer tidligere observasjoner for sjørretveteraner (Davidsen mfl., 2014b).

4.4 Oppholdstid rundt oppdrettslokaliteter og utløpet fra Sjø Kraftverk

Sjørret post-smolten ble ikke tiltrukket av oppdrettsanleggene i fjorden. Dette var samme resultat som for de tidligere undersøkte sjørretveteraner (Davidsen mfl., 2014b). Det har blitt vist at vill fisk blir tiltrukket av overskuddsfôret fra oppdrettsanlegg og dermed oppholder seg lengre nær slike anlegg enn det som er naturlig (Dempster mfl., 2009; Uglem mfl., 2014). Om slikt skjer vil risikoen øke for påslag av lakselus og infeksjon fra parasitter og virus (se Costelloe, 2009; Torrisen mfl., 2013). I tillegg vil det også øke risikoen for at eventuell smitte fra vill fisk overføres til fiskene i anlegget.

Utløp av ferskvann fra kraftverksanlegg direkte til fjorden kan påvirke fjordens økosystem (Kaartvedt, 1984). Kunnskap om post-smoltens atferd i slike områder er derfor viktig for å kunne vurdere eventuelle påvirkninger fra kraftverksutløp. Det var ikke forskjell i oppholdstid eller antall individuelle besøkende post-smolt mellom utløpet av kraftverket og kontrollstasjonen. Dette er forskjellig fra tidligere undersøkte sjørretveteraner hvor det var lengre opphold og flere besøk ved utløpet i løpet av sommeren. Det ble da spekulert i om veteranene ble tiltrukket av ferskvatnet fra utløpet for enten å justere temperaturen og dermed metabolismen, avluse seg eller fordi det ble oppfattet som elveosen da det er vatn fra Sjøvassdraget som slippes ut (Davidsen mfl., 2014b).

5 Referanser

- Aldvén, D., Degerman, E. & Höjesjö, J. 2015. Environmental cues and downstream migration of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. – *Boreal Environment Research* 20: 35-44.
- Birkeland, K. & Jakobsen, P., J. 1997. Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation as a causal agent of premature return to rivers and estuaries by sea trout, *Salmo trutta*, juveniles. – *Environmental Biology of Fishes* 49: 129-137.
- Costelloe, M. J. 2009. How sea lice from salmon farms may cause wild salmonid declines in Europe and North America and be a threat to fishes elsewhere. – *Proceedings of the Royal Society B* 276: 3385-3394.
- Daidsen, J. G., Rikardsen, A. H., Halttunen, E., Thorstad, E. B., Økland, F., Letcher, B. H., Skarðhamar, J. & Næsje, T. F. 2009. Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts: effects of environmental factors. – *Journal of Fish Biology* 75: 1700-1718.
- Daidsen, J. G., Daverdin, M., Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Sjursen, A. D. & Koksvik, J. I. 2014a. Riverine and near coastal migration performance of hatchery brown trout (*Salmo trutta* L.). – *Journal of Fish Biology* 85: 586–596.
- Daidsen, J. G., Eldøy, S. H., Sjursen, A. D., Rønning, L., Thorstad, E. B., Næsje, T. F., Uglem, I., Aarestrup, K., Whoriskey, F. G., Rikardsen, A. H., Daverdin, M. & Arnekleiv, J. V. 2014b. Habitatbruk og vandringer til sjørret i Hemnfjorden og Snillfjorden. - NTNU Vitenskapsmuseet naturhistorisk rapport 6: 1-55.
- Daidsen, J. G., Knudsen, R., Power, M., Næsje, T. F., Sjursen, A. D., Rønning, L., Hårsaker, K. & Arnekleiv, J. V. submitted. Trophic niche variation among sea trout *Salmo trutta* in Central Norway investigated by three different time-integrated trophic tracers –*Journal of Fish Biology*.
- Dempster, T., Uglem, I., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R. & Bjørn, P. A. 2009. Coastal salmon farms attract large and persistent aggregations of wild fish: an ecosystem effect. – *Marine Ecology Progress Series* 385: 1-14.
- Dieperink, C., Bak, B. D., Pedersen, L. F., Pedersen, M. I. & Pedersen, S. 2002. Predation on Atlantic salmon and sea trout during their first days as postsmolts. – *Journal of Fish Biology* 61: 848-852.
- Eldøy, S. H., Daidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Aarestrup, K., Næsje, T. F., Rønning, L., Sjursen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. A. 2015. Marine migration and habitat use of anadromous brown trout *Salmo trutta*. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72: 1366 - 1378.
- Flaten, A. C. 2015. Migration and habituse of sea trout post-smolts *Salmo trutta* in a Norwegian fjordsystem. Master thesis. Faculty of Biosciences, Fisheries and Economics. 55 s.
- Flaten, A. C., Daidsen, J. G., Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Rønning, L., Sjursen, A. D., Rikardsen, A. H. & Arnekleiv, J. A. submitted. The first months at sea - Migration and habitat use of sea trout post-smolts *Salmo trutta*. –
- Fulton, T. W. 1904. The rate of growth of fishes. – *Fisheries Board of Scotland Annual Report* 22: 141-241.
- Gjelland, K. Ø., Serra-Llinares, R. M., Hedger, R. D., Arechavala-Lopez, P., Nilsen, R., Finstad, B., Uglem, I., Skilbrei, O. T. & Bjørn, P. A. 2014. Effects of salmon lice infection on the behaviour of sea trout in the marine phase. – *Aquaculture Environment Interactions* 5: 221-233.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T. G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. – *Nordic Journal of Freshwater Research* 70: 38-48.
- Høgåsen, H. R. 1998. Physiological changes associated with the diadromous migration of salmonids. - NRC Research Press, Ottawa. 128 s.
- Jepsen, N., Holthe, E. & Økland, F. 2006. Observations of predation on salmon and trout smolts in a river mouth. – *Fisheries Management and Ecology* 13: 341-343.
- Jonsson, B. 1981. Life histories strategies of Brown trout. PhD thesis. University of Oslo. s.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2009. Migratory timing, marine survival and growth of anadromous brown trout *Salmo trutta* in the River Imsa, Norway. – *Journal of Fish Biology* 74: 621-638.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2011. Ecology of Atlantic salmon and brown trout: habitat as a template for life histories. - Springer Science+Buisness Media B.V., London. 680 s.

- Jonsson, N., Jonsson, B., Aass, P. & Hansen, L. P. 1995. Brown trout *Salmo trutta* released to support recreational fishing in a Norwegian fjord. – *Journal of Fish Biology* 46: 70-84.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2002. Migration of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in a Norwegian river. – *Freshwater Biology* 47: 1391-1401.
- Kaartvedt, S. 1984. Vassdragsreguleringens virkning på fjorder. – *Fisken og Havet* 3: 1-104.
- Koksvik, J., Rønning, L., Arnekleiv, J. V., Brabrand, Å. & Kjærstad, G. 2003. Fiskebiologiske undersøkelser i Rovatnet og omliggende elver, Hemne Kommune. - NTNU Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk serie: 1-77.
- Le Cren, E. D. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch (*Perca fluviatilis*). – *Journal of Animal Ecology* 20: 201 - 209.
- McCormick, S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. & Saunders, R. L. 1998. Movement, migration and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 77-92.
- Metcalfe, N. B., Van Leeuwen, T. E. & Killen, S. S. 2015. Does individual variation in metabolic phenotype predict fish behaviour and performance? – *Journal of Fish Biology* Online first.
- Moore, A. & Potter, E. C. E. 1994. The movement of wild sea trout, *Salmo trutta* L., smolts through a river estuary. – *Fisheries Management and Ecology* 1: 1-14.
- Moore, A., Russell, I. C., Ives, M., Ives, S., Potter, E. C. E. & Waring, C. P. 1998. The riverine, estuarine and coastal migratory behaviour of wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. - *CM N:16*: 1-11.
- Nall, G. H. 1930. The life of the sea trout. - Seeley, Service and Co., London. 335 s.
- Pincock, D. G. 2012. False Detections: What they are and how to remove them from detection data. - *Vemco Application Note*: 1-11.
- Pratten, D. J. & Shearer, W. M. 1983. Sea trout of the North Esk. – *Fisheries Management* 14: 49-65.
- Solomon, D. J. 1978. Some observations on Salmon smolt migration in a chalkstream. – *Journal of Fish Biology* 12: 571-574.
- Solomon, D. J. 1982. Smolt migration in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta* L.). i Brannon, E. L. & Salo, E. O. (red.). *Salmon and trout migratory behavior symposium*. - s. 196-203 - University of Washington, Seattle.
- Svenning, M. A. & Christensen, G. N. 1996. Fiskeribiologiske undersøkelser og utsettinger av røye i Bardumagasinet. - Norsk Institutt for Naturforskning. Oppdragsmelding: 1-20.
- Torrissen, O., Jones, S., Asche, F., Guttormsen, A., Skilbrei, O. T., Nilsen, F., Horsberg, T. E. & Jackson, D. 2013. Salmon lice – impact on wild salmonids and salmon aquaculture. – *Journal of Fish Diseases* 36: 171-194.
- Uglen, I., Karlsen, Ø., Sanchez-Jerez, P. & Sæther, B.-S. 2014. Impacts of attraction of wild marine fish to open cage salmonid farms in Norway. – *Aquaculture Environmental Interactions* Accepted.
- Urke, H. A., Kristensen, T., Alfredsen, K. T., Lundmark, K. & Alfredsen, J. A. 2010. Utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt frå Lærdalselva -NIVA Rapport 6033-2010: 49.
- Závorka, L., Slavík, O. & Horký, P. 2014. Validation of scale-reading estimates of age and growth in a brown trout *Salmo trutta* population. – *Biologia* 69: 691-695.

NTNU Vitenskapsmuseet er en enhet ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU.

NTNU Vitenskapsmuseet skal utvikle og formidle kunnskap om natur og kultur, samt sikre, bevare og gjøre de vitenskapelige samlingene tilgjengelige for forskning, forvaltning og formidling.

Seksjon for naturhistorie driver forskning innenfor biogeografi, biosystematikk og økologi med vekt på bevaringsbiologi. Seksjonen påtar seg forsknings- og utredningsoppgaver innen miljøproblematikk for ulike offentlige myndigheter innen stat, fylker, fylkeskommuner, kommuner og fra private bedrifter. Dette kan være forskningsoppgaver innen våre fagfelt, konsekvensutredninger ved planlagte naturinngrep, for- og etterundersøkelser ved naturinngrep, fauna- og florakartlegging, biologisk overvåking og oppgaver innen biologisk mangfold.

ISBN 978-82-8322-058-2
ISSN 1894-0056

© NTNU Vitenskapsmuseet
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

www.ntnu.no/vitenskapsmuseet