

Utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt frå Lærdalselva



Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt frå Lærdalselva.	Løpenr. (for bestilling) 6033-2010	Dato 1.10.2010
	Prosjektnr. Undemr. 28457	Sider Pris 48
Forfatter(e) Henning Andre Urke (NIVA) Torstein Kristensen (NIVA) Knut Tore Alfredsen (NTNU) Kjersti Lundmark Daae (NIVA) Jo Arve Alfredsen (NTNU)	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Lærdal Elveigarlag, Lærdal kommune, Marine Harvest Norway AS, Osland Havbruk AS, Sogn og Fjordane Fylkeskommune, Sulefisk AS og Østfold Energi.	Oppdragsreferanse LÆST
--	---------------------------

Sammendrag

Kartlegging av utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt av villaks, klekkeriprodusert laks og vill aure frå Lærdalselva vart undersøkt ved hjelp av akustisk telemetri. Av dei 40 fiskane som vart merka frå kvar gruppe vart 34 villaks, 31 klekkerifisk og 21 aure registrert i sjø. Sjølv om studien er basert på få individ av kvar gruppe, fanga ein opp ulike utvandringstoppa hjå smolten. I 2009 var vassføring den utløysande faktoren for utvandringa. Klekkeriprodusert laksesmolt hadde eit likt utvandningsforløp som vill laksesmolt. Klekkeriprodusert fisk vandrar ikkje berre på same dato som villfisk, han syner også same mønster i høve til vandringstid på døgeret. Både klekkerismolt og laksesmolt har relativt kort opphaldstid i utløpsområdet, og begge grupper av fisk søkjer seg raskt utover mot kysten. Auresmolten har ikkje den same retningsbestemte forflyttinga mot utløpet av fjorden som laksesmolten og ein stor del av auresmoltane vart registrert på lyttebøyene både i Årdals- og Lusterfjorden. Det er ikkje registrert auresmolt lenger ute enn til Balestrand-Vangsnes, men dette kan også skuldast mykje mindre tettleik av lyttebøyer i midtre og ytre del enn kva som er tilfellet i indre del av fjorden. Studiet indikerer at laksesmolten bruker omlag 14 dagar på å komme seg ut av Sognefjorden, noko som tilseier at hovudmengda av laksesmolt passerte ytre del av fjordsystemet i perioden medio mai til medio juni i 2009.

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Laksefisk Smoltifisering Vandringsåtferd Akustisk telemetri 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Salmonids Smoltification Migration Acoustic telemetry
---	---


Henning Andre Urke
Prosjektleder


Åse Åtland
Forskningsleder


Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

Utvandringstidspunkt og marin åtferd

hjá smolt frå Lærdalselva

Forord

Pågåande aktivitet i Lærdalselva finansiert av Direktoratet for Naturforvaltning knytt til tiltak for å fjerne lakseparasitten *G. salaris* og eit lokalt engasjement, gjorde til at ein i 2009 kunne gjennomføre ein pilotstudie på kartlegging av marin åtferd hjå utvandrande lakse- og auresmolt frå Lærdalselva.

Vi takkar Torkjell Grimelid, Olav Wendelbo, Rolf Bjørum, Vidar Åsen, Kristian Arnasson, Sogndal Dykkarklubb, John Anton Gladsø, Arne Jørgen Kjøsnes, Carolyn Rosten, Bjørn Olav Rosseland, Andreas Carlsen og Kystoppsynet Munin for feltassistanse. Hans Rasmus Astrup skal ha takk for losji på Kapteinsgarden og ThelmaBiotel AS for rask klargjering av akustiske merke.

Takk også til Osland Havbruk AS ved Ove Ynnesdal og Torgeir Kvikne, Marine Harvest Norway AS ved Øyvind Høye, Jan Even Østerbø og Thor - Halvor Nygaard og Sulefisk AS ved Jostein Kråkås for utplassering av lyttebøyer i ytre del av Sognefjorden.

Rein-Arne Golf ved SNO har ytt ein omfattande eigeninnsats og har vore ein viktig bidragsytar i prosjektgjennomføringa.

Prosjektet er finansiert av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Lærdal Elveeigarlag, Lærdal kommune, Marine Harvest Norway AS, Osland Havbruk AS, Sogn og Fjordane Fylkeskommune, Sulefisk AS og Østfold Energi.

Vi vonar at prosjektet har vore med på å skaffe til veie ny og relevant kunnskap som kan bidra til ein betre kunnskapsbasert dialog knytt til dei utfordringar ein finn mellom vill laksefisk og oppdrettsaktivitet i regionen.

Trondheim, 15. desember 2010

Henning Andre Urke
prosjektleder

Innhald

Samandrag	5
Summary	6
1. Innleiing	7
1.1 Mål for studiet	7
1.2 Smoltifisering	7
2. Metodikk	8
2.1 Områdeskildring	8
2.1.1 Ljøsne klekkeri	8
2.1.2 Temperatur og vassføring i Lærdalselva	9
2.1.3 Salinitet og temperatur i Sognefjorden	9
2.2 Innsamling og merking av fisk	13
2.3 Stasjonsnett	15
3. Resultat	18
3.1 Registreringar av vill laksesmolt	18
3.2 Registreringar av klekkeriprodusert laksesmolt	23
3.3 Registreringar av auresmolt	28
3.4 Vandring i elv	34
3.4.1 Utvandringsperiode	34
3.4.2 Utvandringstid på døgeret	35
3.4.3 Symjefart	36
3.5 Vandring i sjø	36
3.5.1 Opphaldstid i elvemunningen	36
3.5.2 Vandring i fjorden	37
4. Diskusjon	38
4.1 Teknisk gjennomføring	38
4.1.1 Lyttebøyer og datafangst	38
4.1.2 Merking av fisk	39
4.2 Vandring i elv	40
4.2.1 Laksesmolt	40
4.2.2 Auresmolt	41
4.3 Vandring i sjø	41
4.3.1 Laksesmolt	41
4.3.2 Auresmolt	42
4.4 Evaluering av klekkeriprodusert laksesmolt	43
5. Oppsummering	44
6. Referansar	46

Samandrag

Kartlegging av utvandringstidspunkt og marin åtferd til smolt frå Lærdalselva vart undersøkt ved hjelp av akustisk telemetri. Av dei 40 fiskane som vart merka frå kvar gruppe, vart 34 villaks, 31 klekkerifisk og 21 aure registrert i sjø. Sjølv om studien er basert på få individ fanga ein opp ulike utvandringstoppar hjå smolten. I 2009 var ein auke i vassføring den utløysande faktoren for utvandring.

Klekkeriprodusert laksesmolt hadde eit likt utvandringsforløp som vill laksesmolt, og han reagerer på dei same stimuli som vill laksesmolt i høve til utvandring. Den klekkeriproduserte fisken vandrar ikkje berre på same dato som villfisk, han syner også same mønster i høve til utvandring i den mørkaste delen av døgeret. Både klekkerismolt og laksesmolt har relativt kort opphaldstid i utløpsområdet, og begge grupper av fisk søkjer seg raskt utover Lærdalsfjorden og vidare utover Sognefjorden mot kysten.

Auresmolten har ikkje den same retningsbestemte forflyttinga mot utløpet av fjorden som laksesmolten. Auresmoltane vart registrert på lyttebøyene utover i Sognefjorden ved Gagernes og innover i både Årdals - og Lusterfjorden. Ingen auresmolt vart registrert ved Breisnes i Aurlandsfjorden eller Fimreite i Sogndalsfjorden. Det vart ikkje registrert auresmolt lenger ute enn til Balestrand-Vangsnes, men dette kan også skuldast mykje mindre tettleik av lyttebøyer i midtre og ytre del enn kva som er tilfellet i indre del av fjorden.

Studiet indikerer at laksesmolten bruker omlag 14 dagar på å komme seg ut av Sognefjorden, noko som tilseier at hovudmengda av laksesmolt passerte ytre del av fjordsystemet i perioden medio mai til medio juni sesongen 2009.

Summary

Title: Migratory behaviour and swimming speed of smolts from River Lærdalselva, W Norway

Year: 2010

Author: Henning Andre Urke, Torstein Kristensen, Knut Tore Alfredsen, Kjersti Lundmark Daae, Jo Arve Alfredsen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 82-577-5768-7

The migration timing, speed and pattern of smolt of the anadromous salmonid species Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.) in River Lærdalselva, western Norway, is previously not documented. Hatchery reared (n=40) and wild Atlantic salmon smolts (n=40), as well as wild brown trout (n=40) were tagged with acoustic tags (Thelma Biotel, 18/7,3 mm), and an array of receivers (Vemco VR2W) along the migration route was deployed. Migration timing, diel migratory pattern and ground speed in various sections of the migration route were documented. The supplementary stocking strategy of releasing hatchery produced smolts into the river just prior to the expected migration period was evaluated by comparing migration speed and timing of wild and hatchery reared salmon along the marine migration route in the Sognefjord.

Of the 40 tagged fish in each group, 34 wild salmon, 31 hatchery salmon and 21 trout were recorded as migrants, i.e. recorded at one or more of the receivers deployed in the fjord. As most of the salmon of both groups were recorded as migrants, the predation rate and/or number of fish opting to remain in the river was low. A higher number of tagged trout may have been freshwater residents, as the smolt characteristics are less pronounced in this species, making determination of smolts from freshwater residents more difficult.

The timing of migration was similar between the groups, and highly dependent on water discharge. 2-3 distinct migration peaks, coinciding with increasing water discharge, was recorded. In all groups, migration in the river was predominantly nocturnal, and almost all fish entered the estuary during night.

The hatchery-reared smolts adopted a migration pattern, speed and migration route similar to wild smolts, even given the short time period in the river prior to migration (one day from stocking to migration in some cases), and showed high migration rates through both the river and the fjord. Migration speed in the river was highly variable for both groups, with some fish having a single night migration throughout the river, and others a more stepwise migration. Both fish groups left the estuary (2-3 km from the river mouth) within a few hours and subsequent recordings in the main fjord system to a maximum of 140 km from the river mouth, showed high migratory speed, with hatchery fish having a faster speed compared with wild fish. No indication of reduced performance or suboptimal behaviour was found. We conclude that the production protocol applied at this hatchery produces fish that may be a valuable supplement to the River Lærdal Atlantic salmon population.

Most migrating trout moved quickly out of the estuary and Lærdalsfjorden, and showed wide-ranging migrations throughout the inner part of Sognefjorden and adjacent sidearms. A few fish were also recorded returning to river Lærdalselva in the autumn.

1. Innleiing

1.1 Mål for studiet

Historisk sett har Lærdalselva stått for ein stor del av smoltproduksjonen av laks for dei elvane som renn ut i Sognefjorden. Laksebestanden er i dag sterkt redusert grunna infeksjon av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* som vart påvist i 1996. Parasitten har som i andre smitta elvar redusert overlevinga til laksen i ferskvassfasen, noko som har gitt auren betre levekår (Gabrielsen *et al.*, 2004). Det vert arbeidd aktivt med å få fjerna parasitten frå vassdraget med kjemisk behandling, og dei kjemiske behandlingane med surt aluminium (ALS) i seinare år har helde parasittpopulasjonen på eit lågare nivå enn i ubehandla elvar (Hagen *et al.*, 2010).

Trass i at Lærdalselva var ei viktig elv for villaksen i Sognefjorden, eksisterer det lite kunnskap om mellom anna utvandringstidspunkt for smolten og kva slags miljøfaktorar som er bestemmende for dette. Ein veit og lite om korleis smolten vandrar i Sognefjorden. Dette er viktig kunnskap i forhold til blant anna risikovurderingar knytt til spreiring av *G. salaris* til andre vassdrag i området. Sognefjorden er eit stort og komplekst fjordsystem, så om laksesmolten er i stand til å hurtig ta seg ut av systemet, eller om han oppheld seg i fjordsystemet over ei tid, er eit viktig spørsmål å få avklart.

Vidare vil kjennskap til vandringsmønsteret til utvandrande smolt kunne seie noko om når smolten passerer område med oppdrettsaktivitet. Kunnskap om dette vil vere nyttig for å sikre eit betre beslutningsgrunnlag om når det bør vere minimalt med infektive lakseluslarvar i ytre deler av Sognefjorden for å redusere negative effektar desse kan ha på smolten. Sjøauren har dei siste åra hatt ein betydeleg tilbakegang i dei fleste område i Sør-Noreg. Det vert hevda at det meste av nedgangen er relatert til tilhøva i sjøen (DN, 2009), trass i at svært lite er gjort for å få kunnskap om sjøauren sin bruk av fjord- og kystnære område. Det finst ikkje i dag kunnskap om korleis auresmolten frå Lærdalselva bruker det marine miljøet. Med betre kunnskap om dette vil ein ha eit godt grunnlag for å kunne gjennomføre målretta og effektive tiltak.

Målet med dette prosjektet har vore å:

- Kartlegge utvandringstidspunkt til smolt av villaks- og aure, samt klekkeriprodusert laksesmolt sesongen 2009
- Innhente kunnskap om marin åtferd hjå laksesmolten frå Lærdalselva
- Innhente kunnskap om korleis og kor lenge auresmolten frå Lærdalselva bruker Sognefjorden som oppvekstområde
- Evaluere korleis klekkeriprodusert laksesmolt presterer i høve til vill laksesmolt

Utvandring og marin åtferd hjå smolten vart undersøkt ved bruk av akustisk telemetri som vitskapeleg metode.

1.2 Smoltifisering

Atlantisk laks (*Salmo salar* L.) er anadrom ved at han veks opp i ferskvatn, utfører næringsvandring til sjø, og vender deretter tilbake til ferskvatn for reproduksjon (Hoar 1988, Boeuf 1993, Hansen 1993). Det same gjeld den delen av aurebestanden (*Salmo trutta* L.) som vandrar ut av elva på fødevandring i fjord og kyststrøk. Sjøauren sine vandringar er generelt kortare enn laksen sine i både avstand og tid.

Uttrykket smoltifisering vert brukt om dei mange ulike prosessane som parren, den unge laksefisken, gjennomgår i ferskvatn før han som smolt vert i stand til å leve i sjøvatn (Hoar 1988, Wedemeyer 1996). Denne prosessen er styrt av ein indre biologisk rytme som vert synkronisert av fisken sine ytre miljøforhold, slik at utvandring kan skje på eit tidspunkt som er optimalt i høve til overleving og vekst (Hoar 1988, Hansen 1993). Smoltifisering inneber endringar i morfologi, åtferd, fysiologi, biokjemi og metabolisme for parren. Mesteparten av smolten vandrar ut i løpet av ein kort periode om våren eller

tidleg sommar i løpet av det såkalla ”smoltvindauget” (Ruggles 1980, Hansen & Jonsson 1989, Hansen 1993, Urke *et al.*, 2010).

Prinsipielt sett gjennomgår laks og aure dei same prosessane, men auren sin smoltifisering kan være mindre fullstendig, då mellom anna fullstendig toleranse for sjøvatn (34-35 ‰) ofte ikkje er tilstades når han vandrar ut (Klemetsen *et al.*, 2003, Bystriansky *et al.*, 2006; Urke *et al.*, 2010).

2. Metodikk

2.1 Områdeskildring

Lærdalselva er 44 km lang og munnar ut i Lærdalsfjorden innerst i Sognefjorden i Sogn og Fjordane fylke. Lærdalselva sitt nedbørfelt er 1188 km², der ca. 1000 km² ligg høgare enn 900 m o.h. og spesifikk avrenning er 30,6 l/s/km². Middelvassføringa er 36,4 m³/s (www.nve.no). Vassdraget er regulert av Østfold Energi AS, og reguleringa har direkte innverknad på vassføringa i elva frå Sjurhaugfoss til utløpet ved Lærdalsøyri. Sjurhaugfoss ligg 24 km frå utløpet, og er eit naturleg vandringshinder for oppvandrande fisk. Ved Sjurhaugfoss er der i dag ei laksetrapp som er stengt grunna *G. salaris* smitte. Laks og sjøaure er dei dominerande fiskartane i vassdraget.

2.1.1 Ljøsne klekkeri

Ljøsne Klekkeri vart starta samstundes med at Borgund kraftverk kom i drift i 1974. Etableringa av eit klekkeri var del av konsesjonsvilkåra sett av styresmaktene, og sidan har det vore stabil drift av klekkeriet. Klekkeriet produserar 1-årig smolt, og nyttar Skretting Ultra Nutra Parr fôr (0,6 til 1,2 mm) via fôringsautomatar.

Rogn vert henta frå stamfisk fanga i Lærdalselva som vert stroken i oktober-november. Rogn vert inkubert og klekt i standard EWOS klekkebakkar på 6-7 °C. Startfôring vert gjort i 1*1 meters kar frå omlag 1. mars med ein starttemperatur på omlag 11,5 °C som gradvis vert redusert til 10 °C. Utsortering skjer i september. Fram til oktober-november går fisken på kontinuerleg lys, medan han etter dette går på naturleg fotoperiode gjennom påfølgande vinter og vår. Gjennom påfølgande vinter ligg temperaturen stabilt på mellom 6-7 °C. Utsett av omlag 6000 smolt skjer normalt 15. mai. I ein del år etter påvising av *G. Salaris*, har ikkje løyve til utsett vorte gitt, eller løyve har vorte gitt under føresetnad at fisken oppbevarast i merd i sjø før utslepp for å minimere risikoen for spreiring av parasitten.

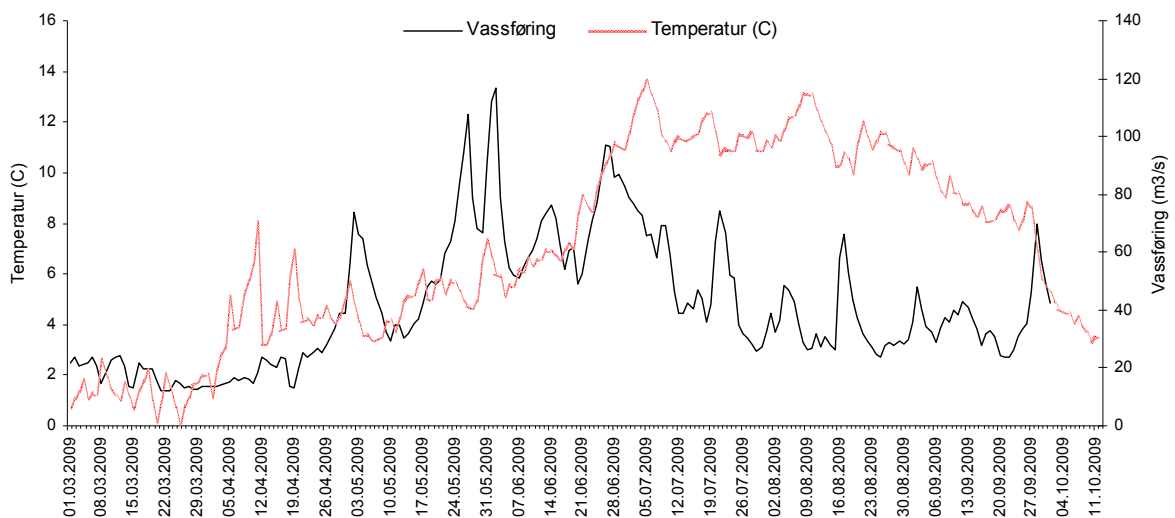
Grunnvatn vert nytta til produksjon av fisk i klekkeriet. Samanlikna med elvevatn (Tabell 1) har grunnvatnet mykje høgare bufferevne og ioneinnhald. Organisk karbon og uorganisk og organisk nitrogen er også høgare, men om ein samanliknar med vatn nytta til akvakulturføremål i Noreg, er tala låge (Kristensen *et al.*, 2009). Ingen av dei målte parametrane tyder på nokon vasskjemiske utfordringar i klekkeriet. Vasskvaliteten i Lærdalselva er kjenneteikna av særst lågt innhald av ionar, organisk karbon og nitrogensambindingar. pH er likevel høg, og nedbørsfeltet er klassifisert som upåverka av forsuring basert på kriteria sett for laksefisk (Larssen *et al.*, 2003).

Tabell 1. Vasskjemisk samansetning av råvatn nytta i Ljosne klekkeri (N=6) og frå Lærdalselva (N=16). Prøver er tekne i perioden 2001-2002. Gjennomsnittsverdiar ± standard avvik er presentert.

Parameter	Benevning	Lærdalselva	Ljosne klekkeri
pH		6.70 ± 0.12	6.96 ± 0.16
Ledningsevne	µS/cm	2.00 ± 0.65	6.94 ± 1.15
Alkalinitet	µmol/L	86 ± 11	191 ± 60
Kalsium (Ca)	mg/L	2.23 ± 0.76	10.23 ± 2.43
Magnesium	mg/L	0.27 ± 0.09	0.54 ± 0.05
Natrium	mg/L	0.82 ± 0.34	1.55 ± 0.04
Kalium	mg/L	0.42 ± 0.12	0.81 ± 0.09
Klorid	mg/L	1.05 ± 0.71	2.73 ± 0.64
Sulfat	mg/L	3.28 ± 1.04	15.15 ± 3.89
Total organisk karbon	mg C/L	0.50 ± 0.08	0.96 ± 0.48
Total nitrogen	µg N/L	220 ± 129	453 ± 83
Nitrat	µg N/L	150 ± 117	394 ± 85

2.1.2 Temperatur og vassføring i Lærdalselva

Temperatur og vassføring registrert ved Rikheim, Båthølen ved Lysne er vist i Figur 1.

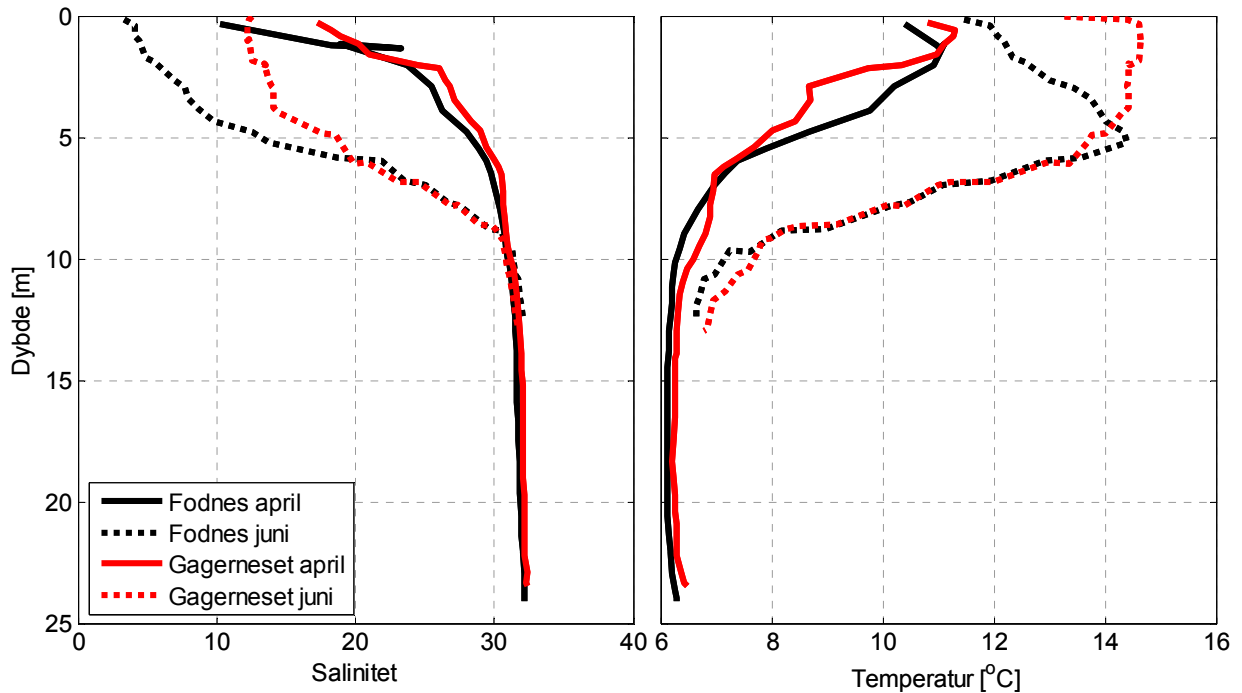


Figur 1. Vassføring og -temperatur i Lærdalselva ved Rikheim i perioden 1. mars til 11. oktober 2009.

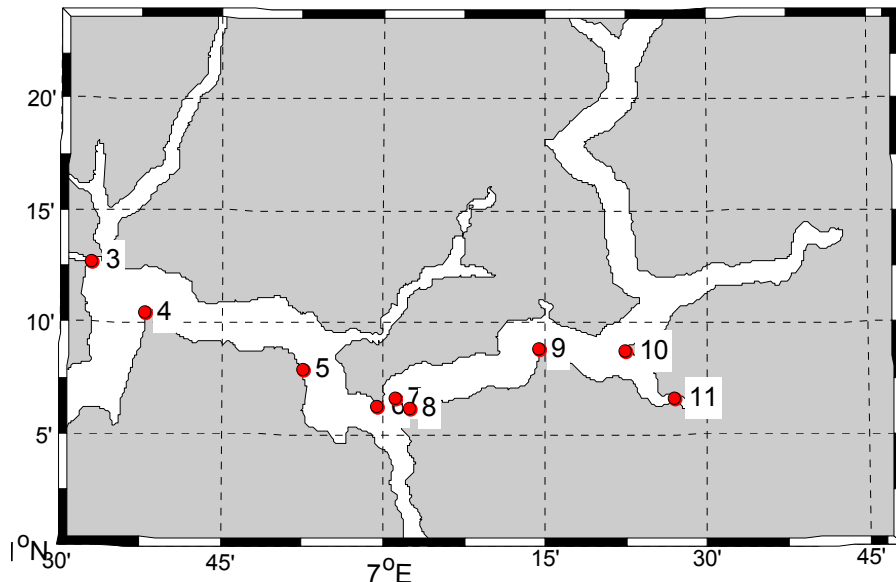
2.1.3 Salinitet og temperatur i Sognefjorden

Vertikalprofilar (Conductivity-Temperature-Depth (CTD)) ned til 16 m djup vart innsamla den 27. april og 14. juni ved bruk av ein SAIV SD204 på ulike stasjonar i Lærdals- og Sognefjorden (Figur 3 og Figur 5). Salinitet vart rekna ut frå konduktivitets- og temperaturkurvene ved bruk av standard metodikk (Fofonoff & Millard 1983). I april vart det tatt vertikalprofilar ut til Balestrand, i juni forlenga ein med stasjonar innover til Urnes i Lusterfjorden og utover til Bekksneset- Hjartholm i Sognefjorden. Merk at det er ulik avstand i x-aksen mellom Figur 4 og Figur 6.

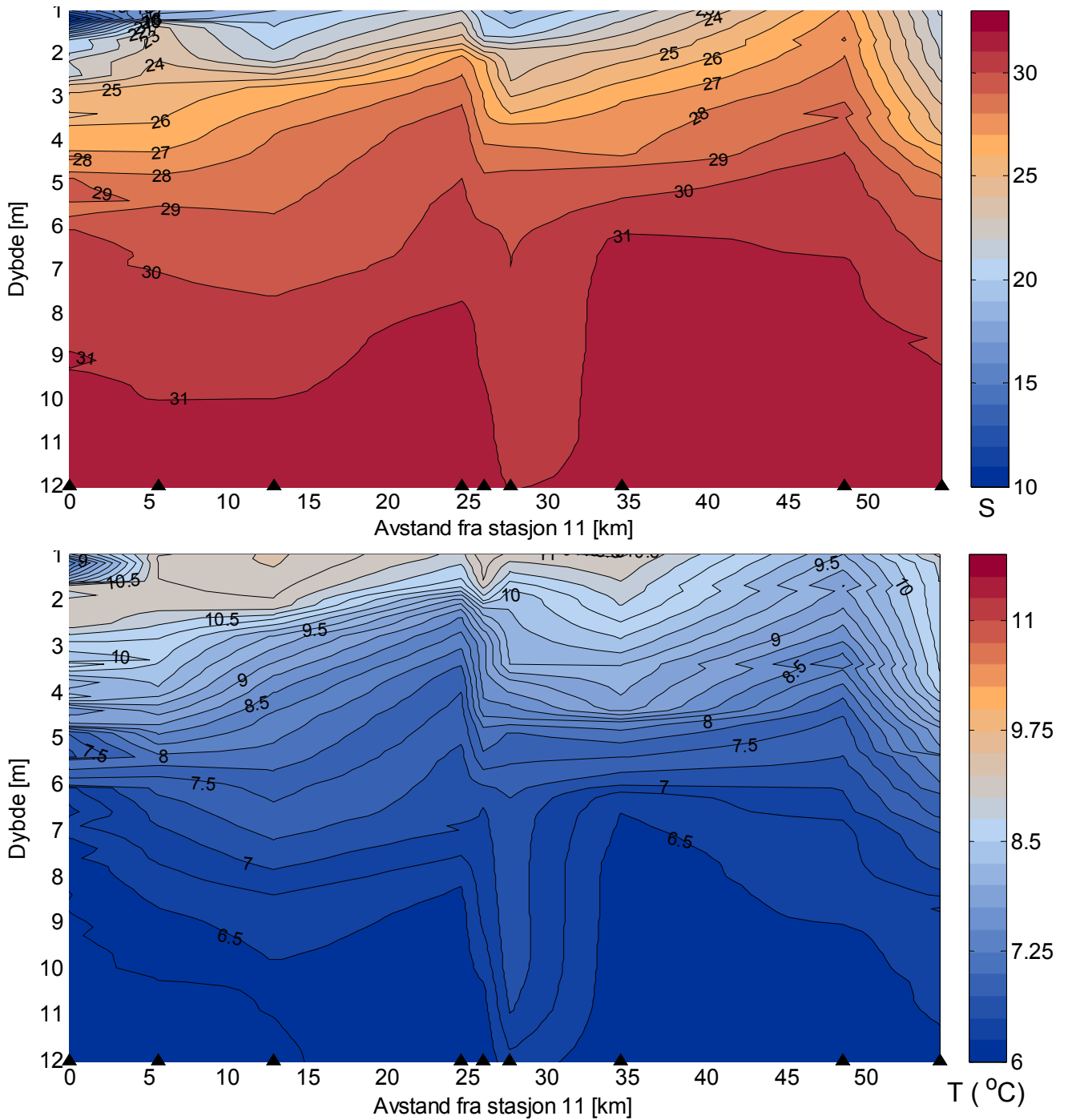
Figur 2 viser hydrografiske profiler av salinitet og temperatur ved Fodnes og Gagernes. Ved begge stasjonane ser vi sterk ferskvannspåverknad i dei øvste 5 metrane både i april og juni. Påverknaden er noko større ved Fodnes enn ved Gagernes. Under 10 meters djup er saliniteten homogen og samanfaller for dei to stasjonane både i april og i juni. Temperaturen viser også teikn til stabilisering under 10 m, men her ser vi spor av sesongoppvarming.



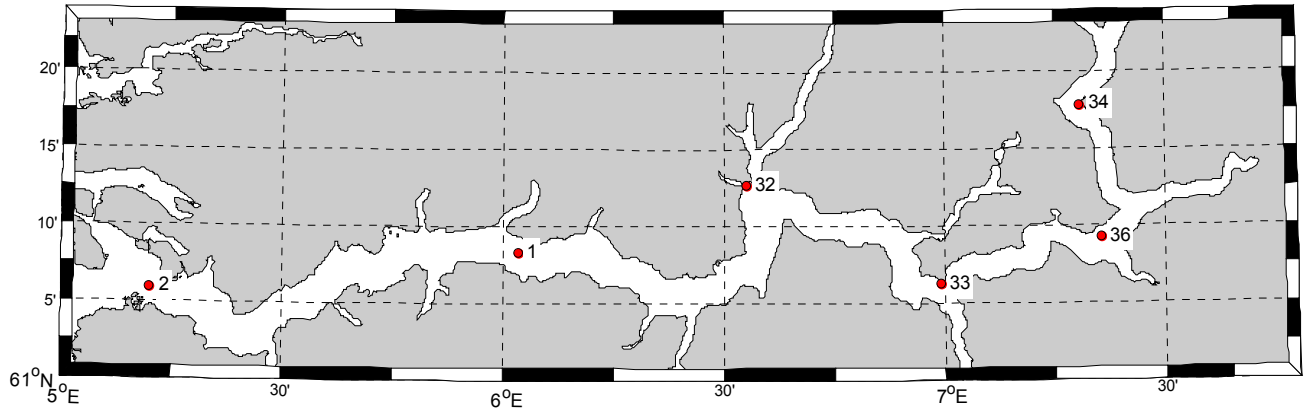
Figur 2. Vertikalprofil av salinitet og temperatur ved Fodnes (svart) og Gagernes (raud) i april (heiltrekt linje) og juni (stipla linje).



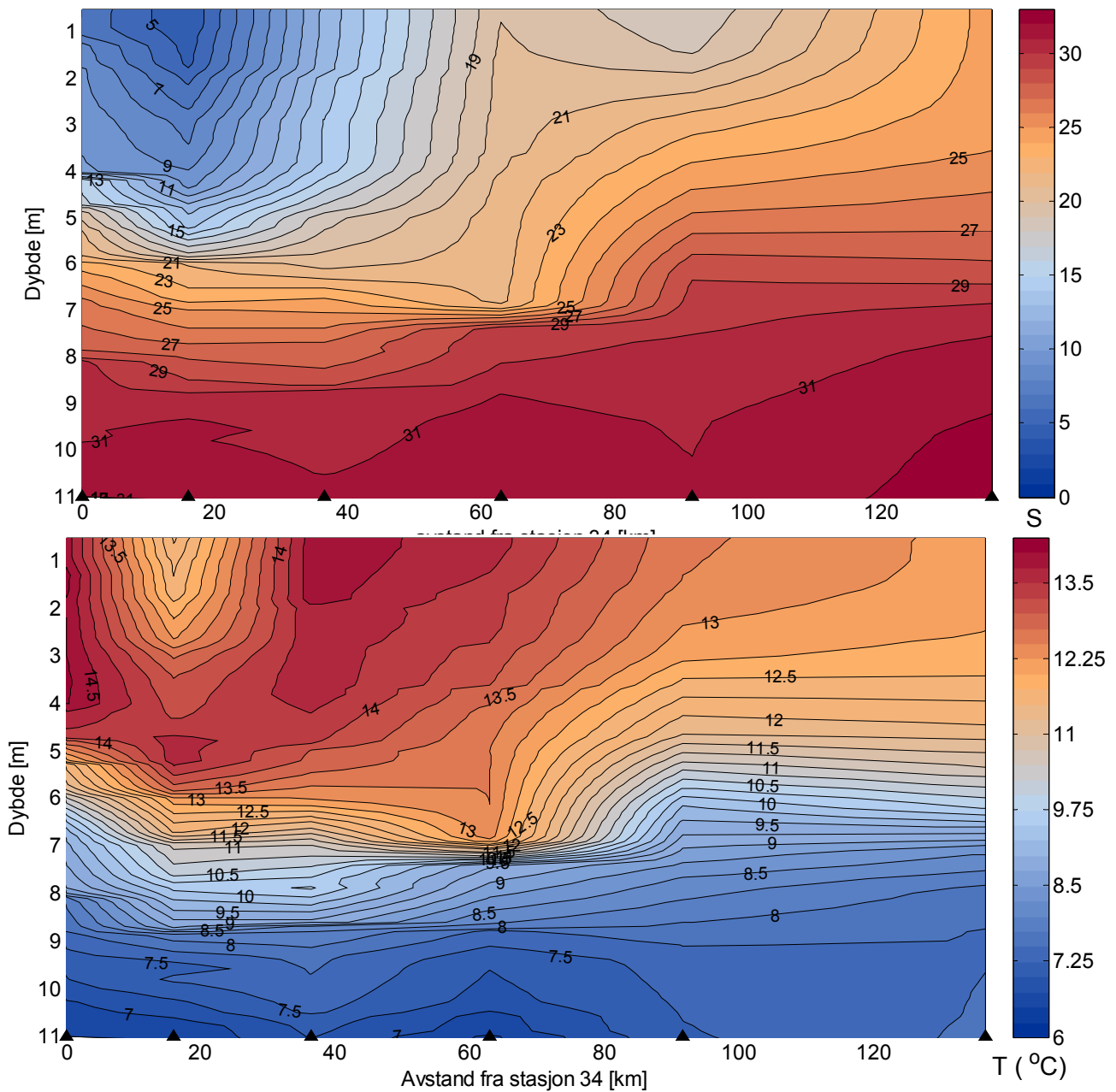
Figur 3. Stasjonar brukt til innsamling av vertikalprofilar (CTD) i Sognefjorden i april 2009.



Figur 4. Salinitet (øverst) og temperatur (nedst) utover Sognefjorden til Balestrand i april 2009. Dei svarte trekantane markerer målestasjonane. Stasjon 11 er rett utanfor elvemunningen av Lærdalselva.



Figur 5. Stasjoner brukt til innsamling av vertikalfilar (CTD) i Sognefjorden i juni 2009.



Figur 6. Salinitet (øvt) og temperatur (nedst) utover Sognefjorden til Balestrand i april 2009. Dei svarte trekantane markerer målestasjonane. Stasjon 34 er ved Urnes.

2.2 Innsamling og merking av fisk

Vill pre-smolt av laks ($12,7 \pm 0,7$ cm, $16,5 \pm 2,9$ g) og aure ($13,8 \pm 1,5$ cm, $23,0 \pm 6,3$ g) vart innsamla ved hjelp av elektrisk fiskeapparat 28. og 29. april 2009 i ulike delar av elva (Tabell 2).

Klekkeriproduisert laksesmolt ($15,7 \pm 0,8$ cm, $40,8 \pm 6,1$ g) frå Ljøsne klekkeri vart merka og sett ut ved Rikheim, Båthølen ved Lysne. Særskilt løyve frå Mattilsynet vart innhenta til dette. Fordelinga av lengde og vekt for dei ulike gruppene av fisk er vist i Figur 7.

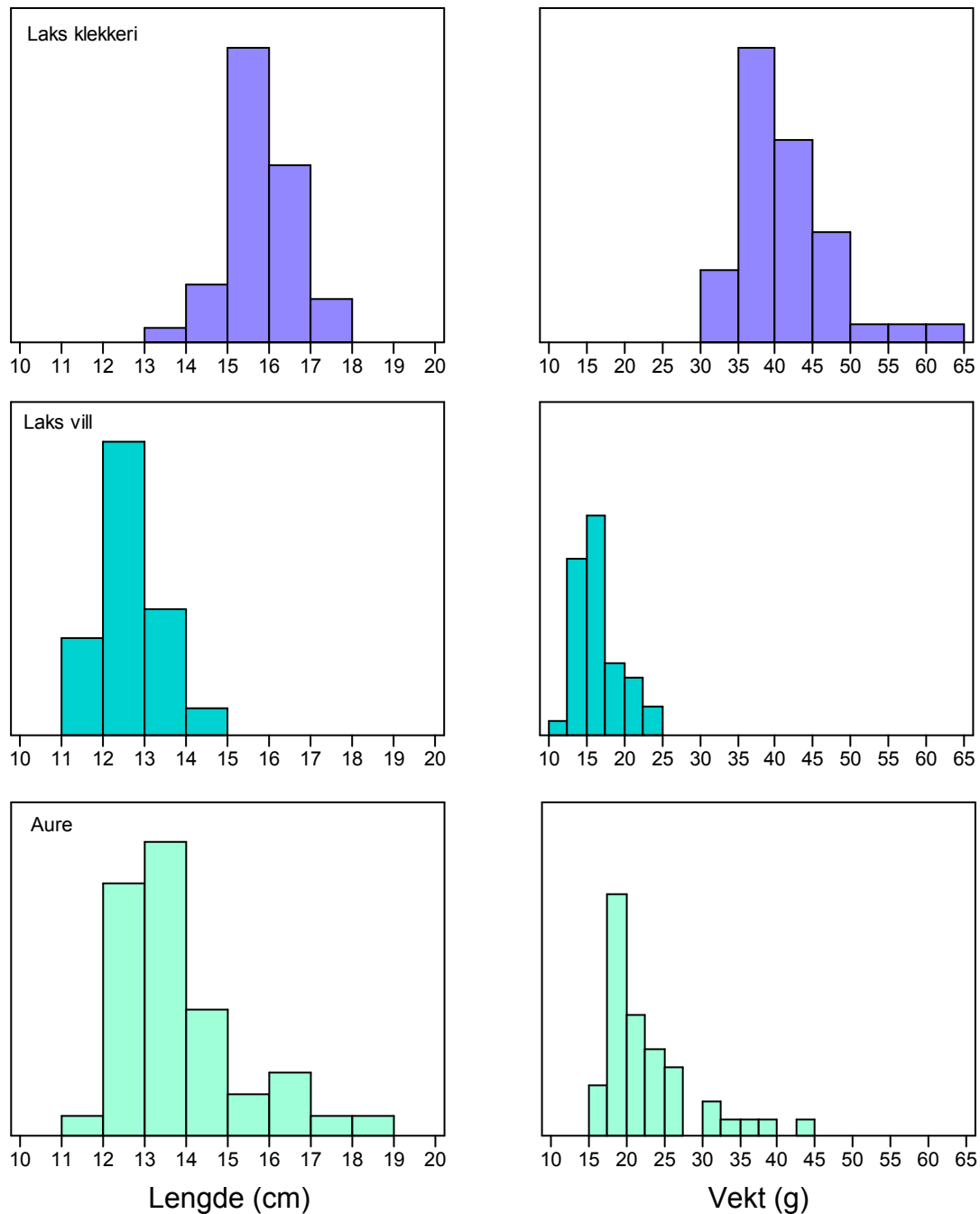
Tabell 2. Lokalitetar for innsamling og gjenutsetting av akustisk merka pre-smolt. * All klekkerismolt vart sett ut ved Rikheim- Båthølen ved Lysne.

Lokalitet for utsett av fisk	N	E	Estimert elveavstand til utløp (m)
Bjørkum- Langhølen	61 03 22.7	7 40 25.6	18000
Rikheim-Båthølen ved Lysne	61 02 40.1	7 37 14.1	13900
Old Pastor	61 03 06.9	7 32 32.2	9500
Skulehølen-Tønjumskvittli	61 03 39.3	7 31 04.0	8000
Rock- Hauge	61 05 26.6	7 30 59.7	4200

Kirurgiprotokollen for implantering av akustiske merke følgde generelle tilrådingar gitt av Mulcahy (2003). Løyve frå forsøksdyrutvalget (FDU) vart innhenta (ID: 1723). Merka som vart brukt var $7,3 \times 18$ mm, veg $1,2$ g i vatn, og har ei estimert levetid på minimum 7 månader. Desse merka er programmert til å sende ut ein unik ID-kode som identifiserer kvar enkelt fisk. Aure hadde merke med ID 101-140 som sendte periodisk med intervall 90 til 150 sekund. Laksen hadde merke som sendte periodisk med intervall 30 til 90 sekund, der villfisken hadde ID 215-255 og klekkerifisken ID 176-214. Senderekkevidden til merka er avhengig av dei akustiske tilhøva i sjøen og elva rundt mottakarane, og kan variere frå få meter og opp i fleire hundrede meter. Merka er utvikla og produsert av Thelma Biotel AS (www.biotel.no) i Trondheim.

Alt kirurgisk utstyr vart sterilisert før bruk, og aseptiske forhold vart tilstreba i alle prosedyrar. Det vart nytta ein veldokumentert protokoll for anestesi og sedasjon av fisken (Kiessling *et al.*, 1995; 2003), der innhentingstid etter kirurgi for fysiologiske stressparametrar og homeostase er skildra for Atlantisk laks (Djordjevic *et al.*, 2009).

Fisk vart enkeltvis overført frå haldetank til pre-anestesi sedasjonstank med $0,5$ mg L⁻¹ Metomidate (Kreiberg & Powell 1991, Olsen *et al.*, 1995), og oppbevart i denne i minimum 2 minutt. Fisken vart deretter overført til anestesi med 60 mg L⁻¹ Metacain (MS 222). Ei akvariepumpe med silikonslange vart brukt til å oppretthalde ventilasjon over gjellene medan fisken gjekk inn i full anestesi. Opphøyr av hosterefleks og respons ved lett press på halerot vart brukt som kriterium for full anestesi. All fisk oppnådde full anestesi innan 4 minutt, og vart deretter overført til eit spesialtilpassa kirurgibord tildekt med fuktig klut for å hindre uttørking. Under operasjonen vart fisken kontinuerleg ventilert med lufta vatn tilsett ein lågare dose anestesiemiddel (40 mg L⁻¹ MS 222). Merket vart implantert i fisken gjennom eit ventralt snitt i bukholå på ca. 12 mm. Snittet vart lukka med to sting monofilamenttråd (Resolon, 4/0 usp) (Mulcahy, 2003). Snittområdet vart til slutt forseгла med vevsylim (Histoacryl, Braun), og fisken vart deretter overført til oppvaskingskar med friskt vatn.



Figur 7. Lengde (cm) - og vekt (g) fordeling for akustisk merka fisk ($N=40$ pr gruppe).

Oppvakninga vart nøye observert med aktiv stimulering inntil balanse og aktiv symjeåtfærd var oppnådd. Etter oppvakning vart fisken overført til haldetank der dei vart overvaka dei første timane etter inngrepet. Etter mindre enn 15 minutt viste all fisk normal fluktrespons. Ingen fisk døde eller viste unormal åtfærd etter merkinga. All fisk vart sett ut i perioden 16:00-24:00.

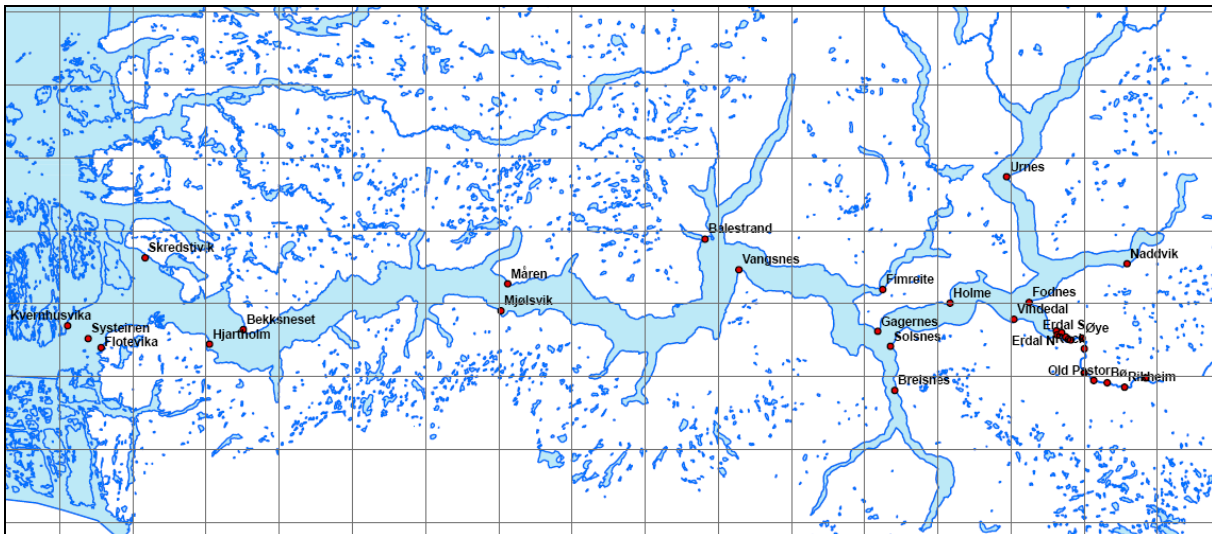


Figur 8. Smolt av laks i oppvåkingskar etter implantering av akustisk sendar. (Foto: T. Kristensen).

2.3 Stasjonsnett

Det vart sett ut automatiske lyttestasjonar (lyttebøyer) i fjord og i elv (Figur 9 og 11 og Tabell 3). Stasjonane for lyttebøyer i Sognefjorden og Lærdalsfjorden vart delt inn i ulike soner som vist i Tabell 4. Lyttebøyerne som her angitt var operativt frå april til desember 2009.

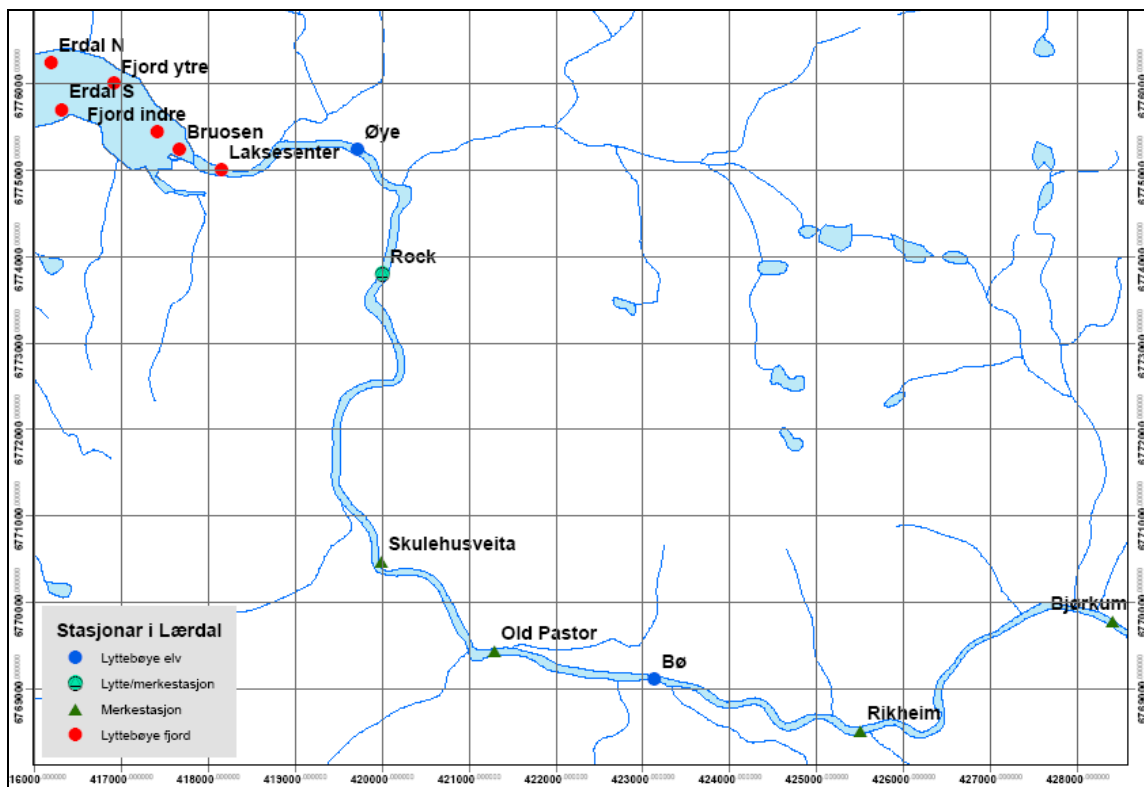
Det var størst tettheit av lyttebøyer i utløp og i sjøve Lærdalsfjorden. Enkeltbøyer vart plassert ut i Aurlands-, Årdals-, Sogndals- og Lusterfjorden. I ytre del vart lyttebøyer hovudsakleg plassert ut ved oppdrettsanlegg ved lokalitetane Mjølsvik, Bekksneset, Hjartholm, Skredstivik og Kvernhusvika. Rekkeviddetestar gjennomført i Lærdalsfjorden viser at smoltmerka hadde ein rekkevidde på 120-150 meter ved stille sjø.



Figur 9. Plassering av akustiske lyttebøyer i sjøve Sognefjorden (Holme, Gagernes, Solsnes, Balestrand, Vangnes, Måren, Mjølsvik, Bekksneset, Hjartholm, Skredstivik, Kvernhusvika, Systemen og Flotevika) og i sidefjordane Lærdalsfjorden (Fodnes, Vindedal, Erdal S/N), Årdalsfjorden (Naddvik), Lusterfjorden (Urnes), Sogndalsfjorden (Fimreite) og Aurlandsfjorden (Breisnes). Bøyer i Lærdalselva og i elvemunning er og angitt.



Figur 10. Nedlasting av data frå lyttebøye (venstre), og lyttebøye utplassert i Lærdalselva (høgre). (Foto: J. A. Alfredsen).



Figur 11. Plassering av lyttebøyer i Lærdalselva og i indre del av Lærdalsfjorden, samt stasjonar der det vart merka fisk i Lærdalselva våren 2009. Stasjonane Bruosen og Laksesenter er i elveutløpet.

Tabell 3. Koordinatar for lyttebøyer i 2009 i Sognefjorden og Lærdalselva med tilhørende sone.

Lokalitet	Sone	miljø	N	E	vemco
Balestrand	Balestrand	fjord	61 12 42.3	6 32 45.9	105131
Bekksneset	Hjartholm	fjord	61 04 26.8	5 23 12.8	105139
Breisnes	Aurlandsfjorden	fjord	61 01 59.7	7 02 23.5	104258
Bruosen	Utløp	fjord	61 06 11.5	7 28 21.7	103435
Bø	Lærdalselva	elv	61 02 57.9	7 34 35.2	103436
Erdal N	Erdal	fjord	61 06 42.6	7 26 41.6	105121
Erdal S	Erdal	fjord	61 06 25.3	7 26 50.7	105140
Fimreite	Sogndalsfjorden	fjord	61 09 25.3	7 00 06.5	104256
Fjord indre	Delta	fjord	61 06 17.9	7 28 04.3	105129
Fjord ytre	Delta	fjord	61 06 35.9	7 27 30.2	105128
Flotevika	Systeinen	fjord	61 02 30.7	5 01 50.1	105141
Fodnes	Fodnes	fjord	61 08 46.1	7 22 26.0	102520
Gagernes	Gagernes	fjord	61 06 19.4	6 59 32.3	105136
Hjartholm	Hjartholm	fjord	61 03 14.2	5 18 13.1	105142
Holme	Holme	fjord	61 08 33.7	7 10 24.9	104260
Kvernhusvika	Systeinen	fjord	61 03 58.5	4 56 32.9	105130
Laksesenter	Utløp	fjord	61 06 04.2	7 28 54.4	103444
Mjølsvik	Måren	fjord	61 06 47.3	6 02 10.1	105127
Måren	Måren	fjord	61 08 48.1	6 03 00.7	105135
Naddvik	Årdalsfjorden	fjord	61 11 47.8	7 37 13.2	104261
Rock	Lærdalselva	elv	61 05 26.6	7 30 59.7	103440
Skredstivik	Skredstivik	fjord	61 09 20.1	5 07 40.5	105133
Solsnes	Gagernes	fjord	61 05 14.9	7 01 32.3	105132
Systeinen	Systeinen	fjord	61 03 07.1	4 59 47.5	105137
Urnes	Lusterfjorden	fjord	61 18 01.2	7 18 30.8	103437
Vangsnes	Balestrand	fjord	61 10 32.3	6 38 06.5	105134
Vindedal	Fodnes	fjord	61 07 29.6	7 20 11.5	104255
Øye	Lærdalselva	elv	61 06 13.0	7 30 38.4	101261

Tabell 4. Estimert avstand frå elvemunningen (utløp) av Lærdalselva til ulike soner med lyttebøyer, jf. Tabell 3.

Transekt	avstand frå Utløp (m)
Utløp	0
Delta	400
Erdal	1650
Fodnes	8000
Gagernes	29600
Balestrand	52100
Måren	80100
Hjartholm	110100
Systeinen	134300
Skredstivik	127600
Aurlandsfjorden	34000
Lusterfjorden	29600
Årdalsfjorden	24350
Sogndalsfjorden	38400

3. Resultat

Av dei 40 fiskane som vart merka frå kvar gruppe, vart 34 av villaksane, 31 av klekkerilaksane, og 21 av aurane registrert i sjø (Figur 12, 17 og 22).

Av dei innsamla bøyene, er det fire som ikkje har registrert smolt, nærmare bestemt ved Kvernhusvika, Skredstivik, og Bekksneset i ytre del av Sognefjorden og Fimreite i Sogndalsfjorden.

Ein har ikkje lukkast i å samle inn dei to bøyene ved Flotevika og Systeinen i ytre del av Sognefjorden.

3.1 Registreringar av vill laksesmolt

Oversikt over dei enkelte laksesmoltane sine registreringar med avstand frå elvemunningen er vist i Figur 12.

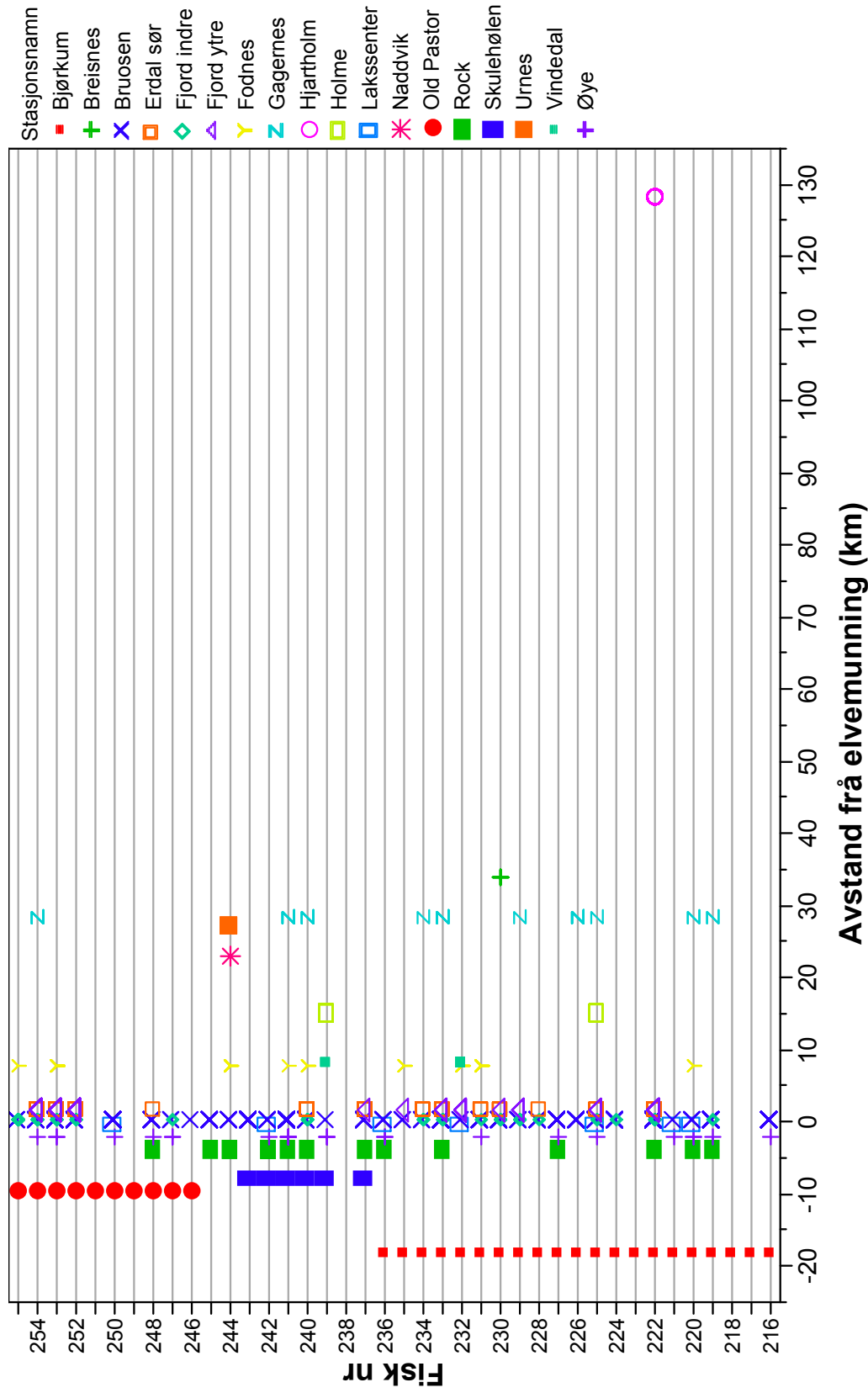
Oversikt over dei ulike laksesmoltane sine registreringar på dei enkelte lyttebøyene utover i perioden er vist i Figur 13.

Det er registrert villsmolt på bøya ved Urnes i Lusterfjorden (ID 244), Naddvik (ID 244) og Breisnes (ID 230) i sidegreiner av Sognefjorden, medan dei fleste smoltane som vart registrert i Sognefjorden vart registrert på Gagernes (10 stk.) (Figur 12, 13 og 14).

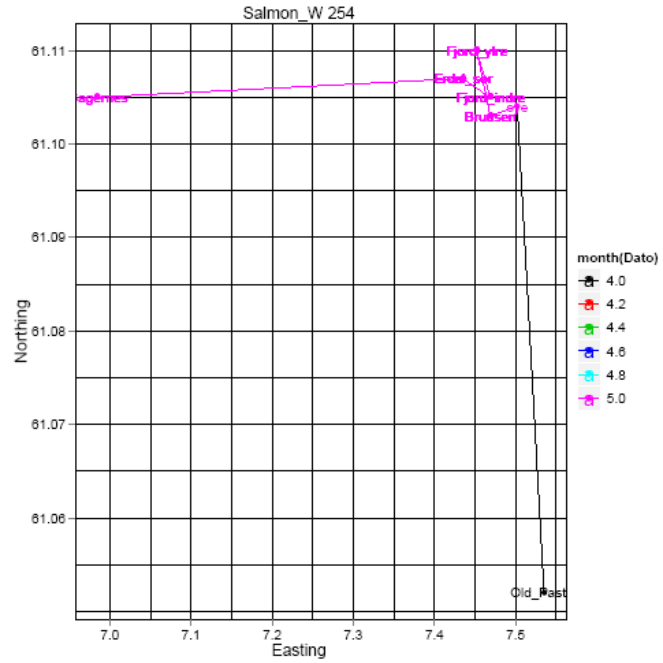
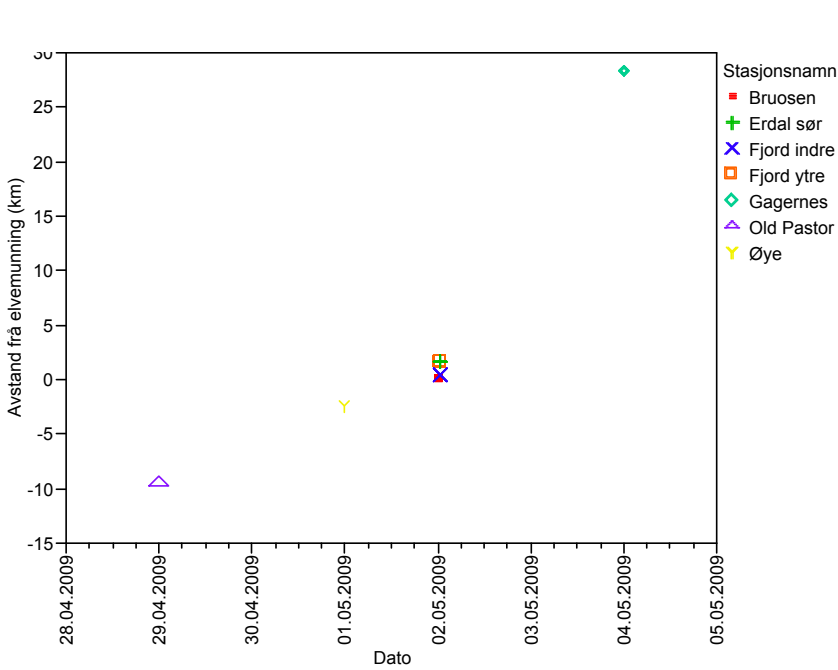
Fisk ID 222 er registrert gjennom ein lengre periode på Hjartholm i ytre delar av fjorden, også i juli og august. All annan fisk er berre registrert eit fåtal gonger på kvar stasjon, og har dermed ikkje vore innan rekkevidda av mottakarane over lengre periodar.

Figur 15 viser registreringane til laksesmolt ID 254 som vart merka i Old Pastor 29. april.

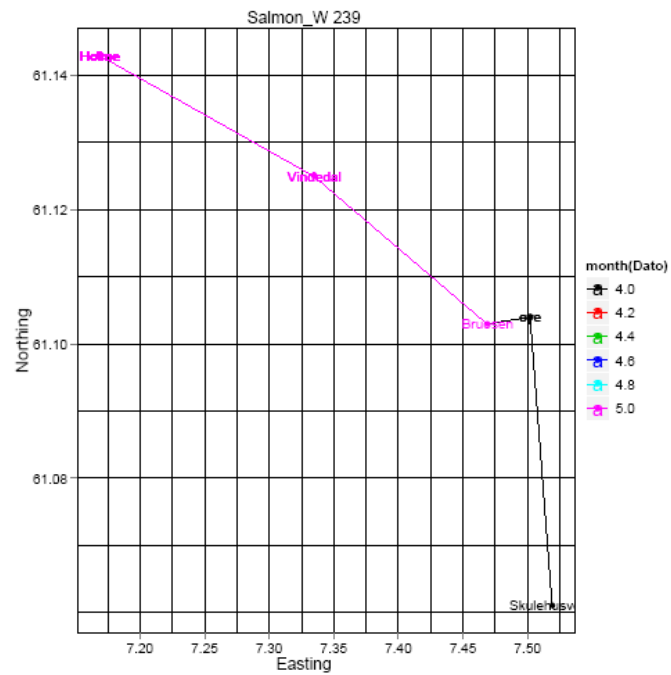
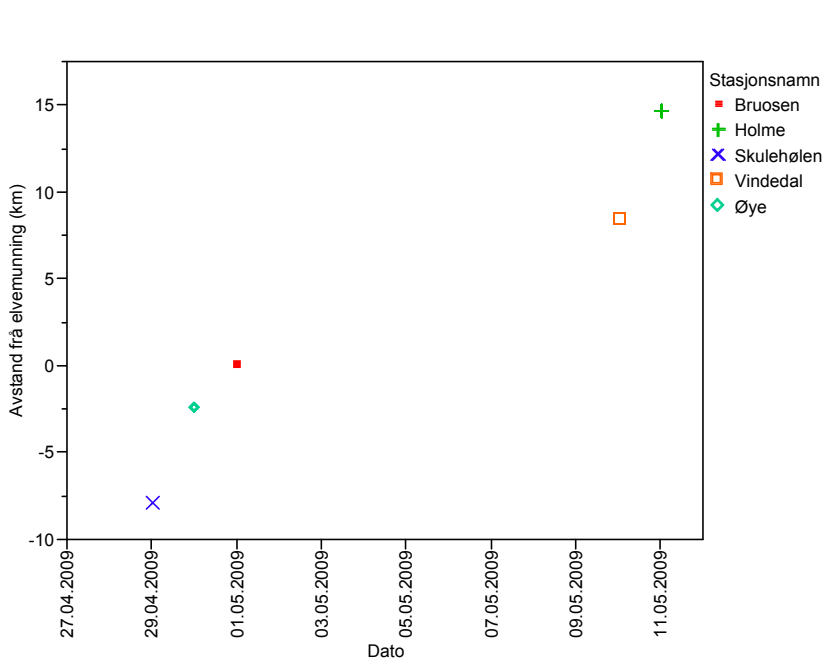
Figur 16 viser registreringane til laksesmolt ID 239, som vart merka i Tønjumskvittli-Skulehølen 29 april. Denne fisken er på Holme 11. mai.



Figur 12. Oversikt over dei enkelte villaksmoltane sine registreringar med avstand frå elvemunningen. Av totalt 40 merka presmolt, vart 34 registrert i sjøen, og 14 utanfor Lærdalsfjorden. Elvebøyer er Bjørkum, Old Pastor, Øye, Rock, Bø, Rikheim og Lakssesenter



Figur 15. Villaks (ID 254, 13,7 g, 11,9 cm) merka i Old Pastor 29. april. Vandrar ut i sjøen 2. mai, og er ut av Lærdalsfjorden same dag. Fisken vert deretter registrert ved Gagernes 4. mai.



Figur 16. Fisk 239, villaks merkt på Skulehølen. Vandrar ut 1. mai og registrerast på Vindedal og Holme, sistnemnde den 11. mai.

3.2 Registreringar av klekkeriprodusert laksesmolt

Oversikt over dei enkelt klekkerismoltane sine registreringar med avstand frå elvemunningen er vist i Figur 17.

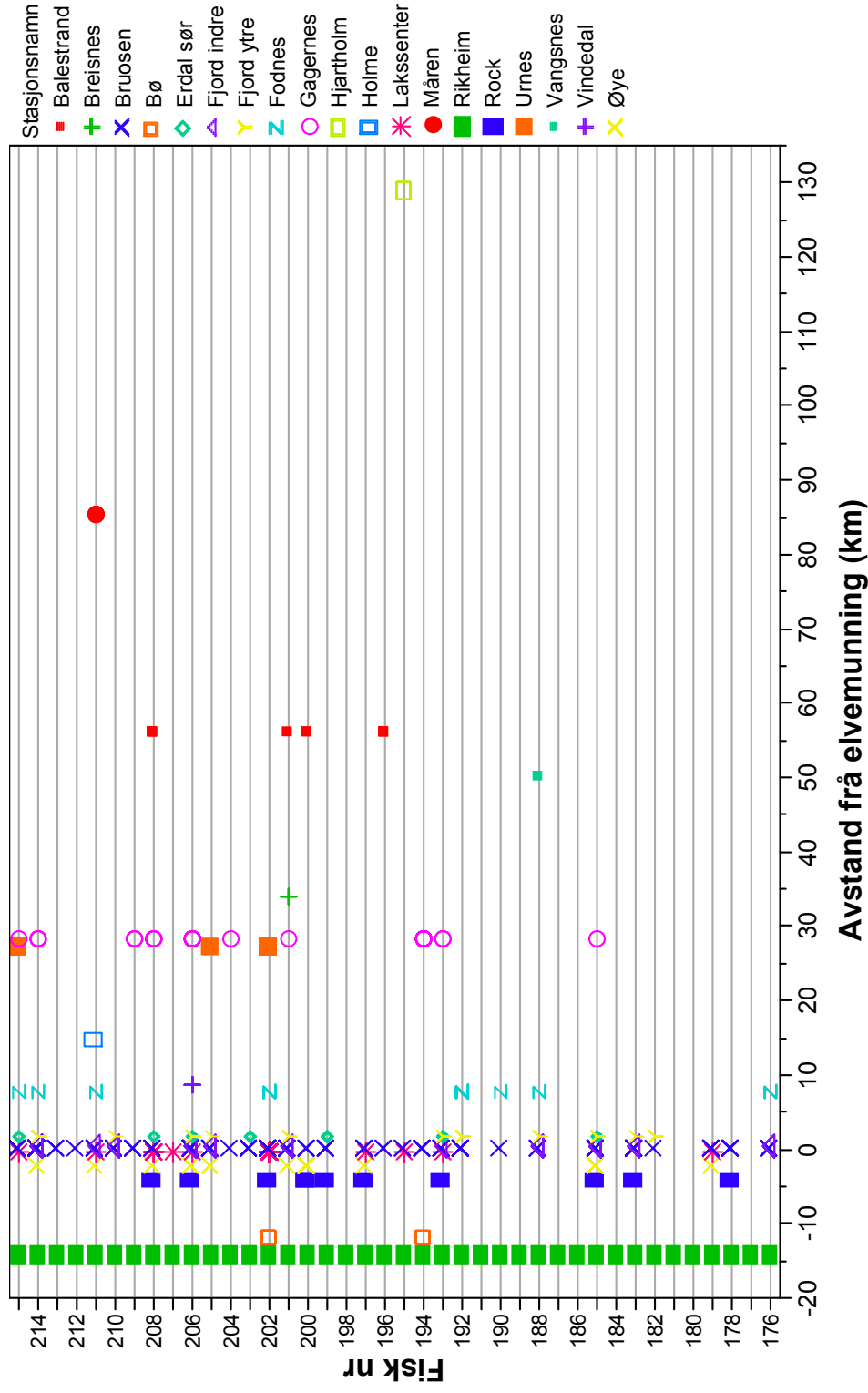
Oversikt over dei ulike klekkerismoltane sine registreringar på dei enkelte lyttebøyene utover i perioden er vist i Figur 18.

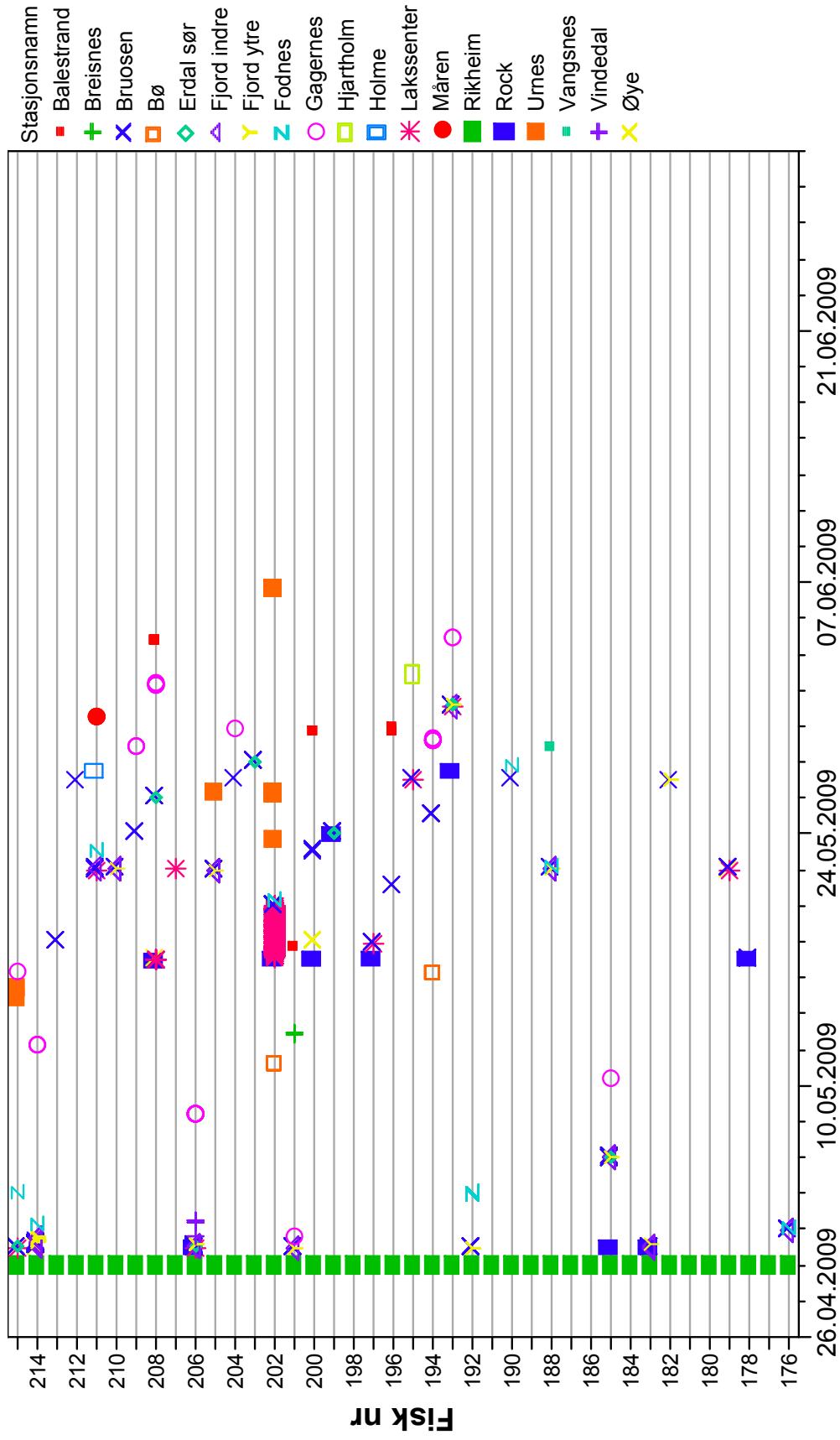
Fire klekkerilaks (ID: 196, 200, 201 og 208) er registrert ved Balestrand, omlag 52 km i sjøline frå utløpet av Lærdalselva, medan ein fisk (ID 211) er registrert ved Måren, over 80 km frå munningen av Lærdalselva (Figur 17, 18 og 19).

Tre klekkerilaks (ID 202, 205, 215) vart registrert ved Urnes i Lusterfjorden. Ein av desse (ID 215), var kort tid etter å finne ved Gagernes medan ein anna vart registrert ved Urnes over ein periode på over ein måned (202). Dømer på vandringsåtferd til enkelte av klekkerismoltane er vist i figur 20 og 21.

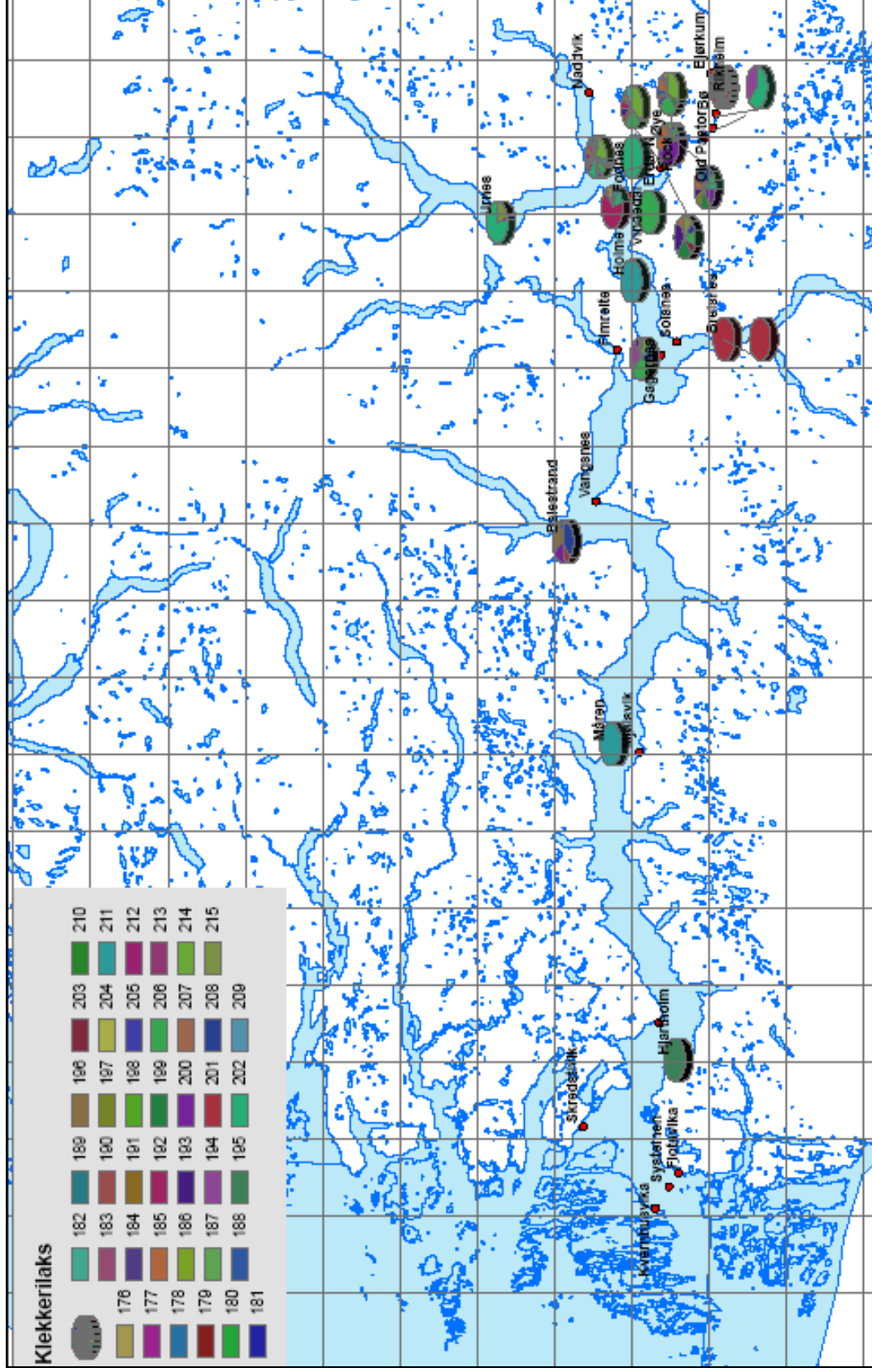
Figur 20 viser klekkerilaks ID 195. Han vert registrert i sjøen 26. mai, og er på Hjartholm 1. juni.

Figur 21 viser klekkerilaks ID 201. Etter han er komen til Gagernes 1. mai, dreg han inn til Breisnes i Aurlandsfjorden 12. mai. Han er attende på rett spor ut fjorden og feirar nasjonaldagen på Balestrand.

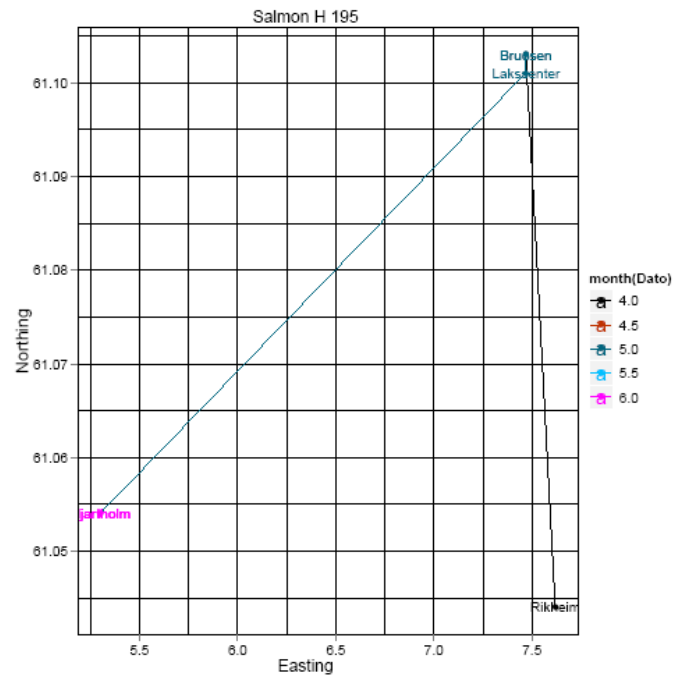
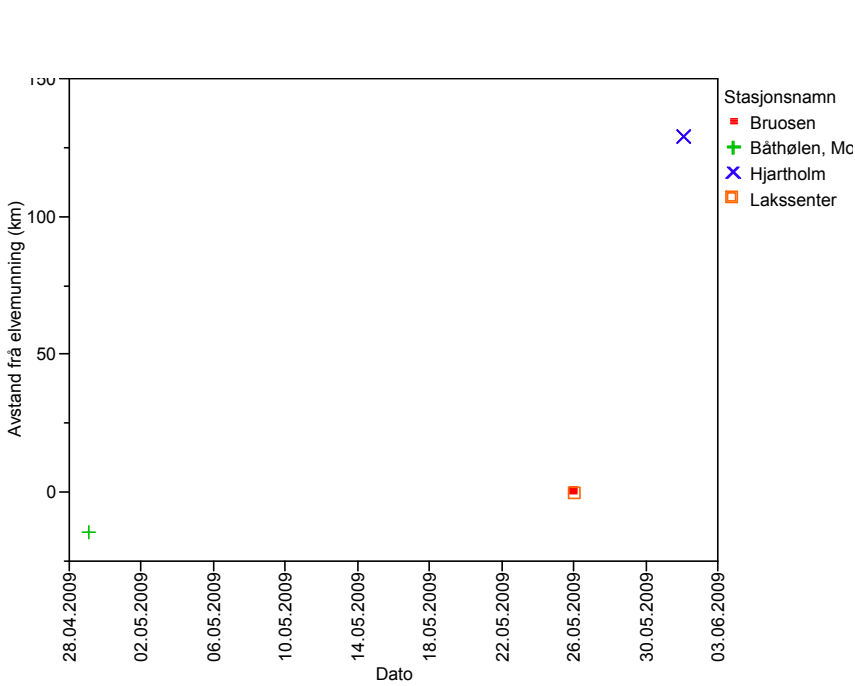




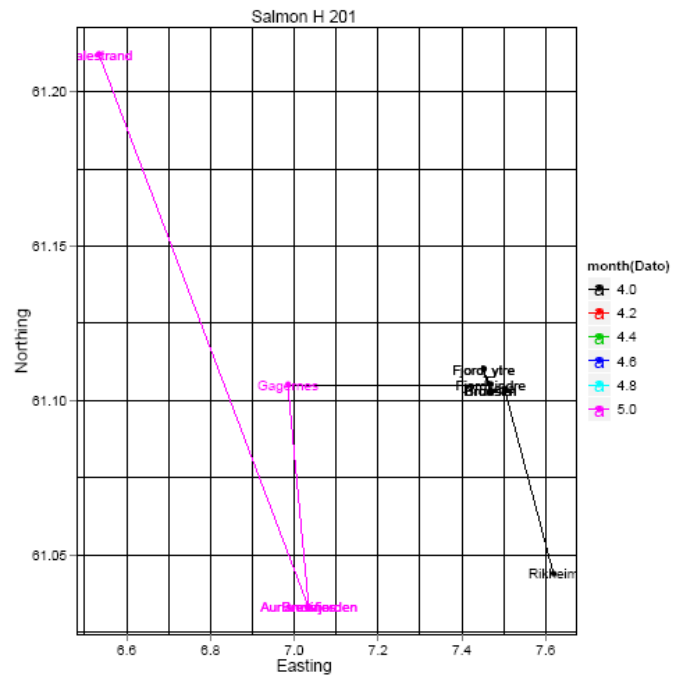
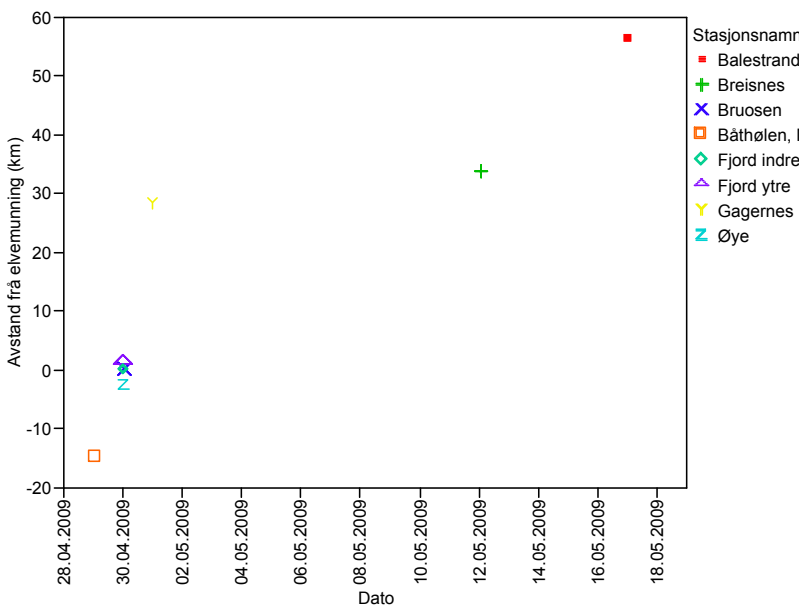
Figur 18. Oversikt over dei ulike klekkerismoltane (ID 176-215) sine registreringari elv og sjø utover våren og sommaren 2009. Etter 7. juni vart det ikkje registrert klekkerfisk i systemet. Elvebøyer er Øye, Rock, Bø, Rikheim og Lakssenter



Figur 19. Oversikt over registreringar av akustisk merka klekkerismolt ved ulike stasjonar i Sognefjorden og Lærdalselva



Figur 20. Klekkerilaks (ID 195, 38,4 g, 15,2 cm) utsett i Rikheim 28. april. Vert registrert i sjøen 26. mai, og deretter 1. juni ved Hjartholm, omlag 128 km i sjølinje fra elvemunningen.



Figur 21 Klekkerilaks (ID 201, 39,9 g, 15,0 cm) utsett i Rikheim 28. april. Vert registrert på veg ned elva og ut Lærdalsfjorden 30. april. Etter han er komen til Gagernes 1. mai, dreg han inn til Breines i Aurlandsfjorden 12. mai. Han er attende på rett spor ut fjorden og vert registrert på Balestrand 17. mai.

3.3 Registreringar av auresmolt

Av dei 40 antekne pre-smoltane av aure som vart merka sesongen 2009 i Lærdalselva, vart 21 registrert i sjø (Figur 22).

Oversikt over dei ulike aurane sine registreringar på dei enkelte lyttebøyene utover i perioden er vist i Figur 23.

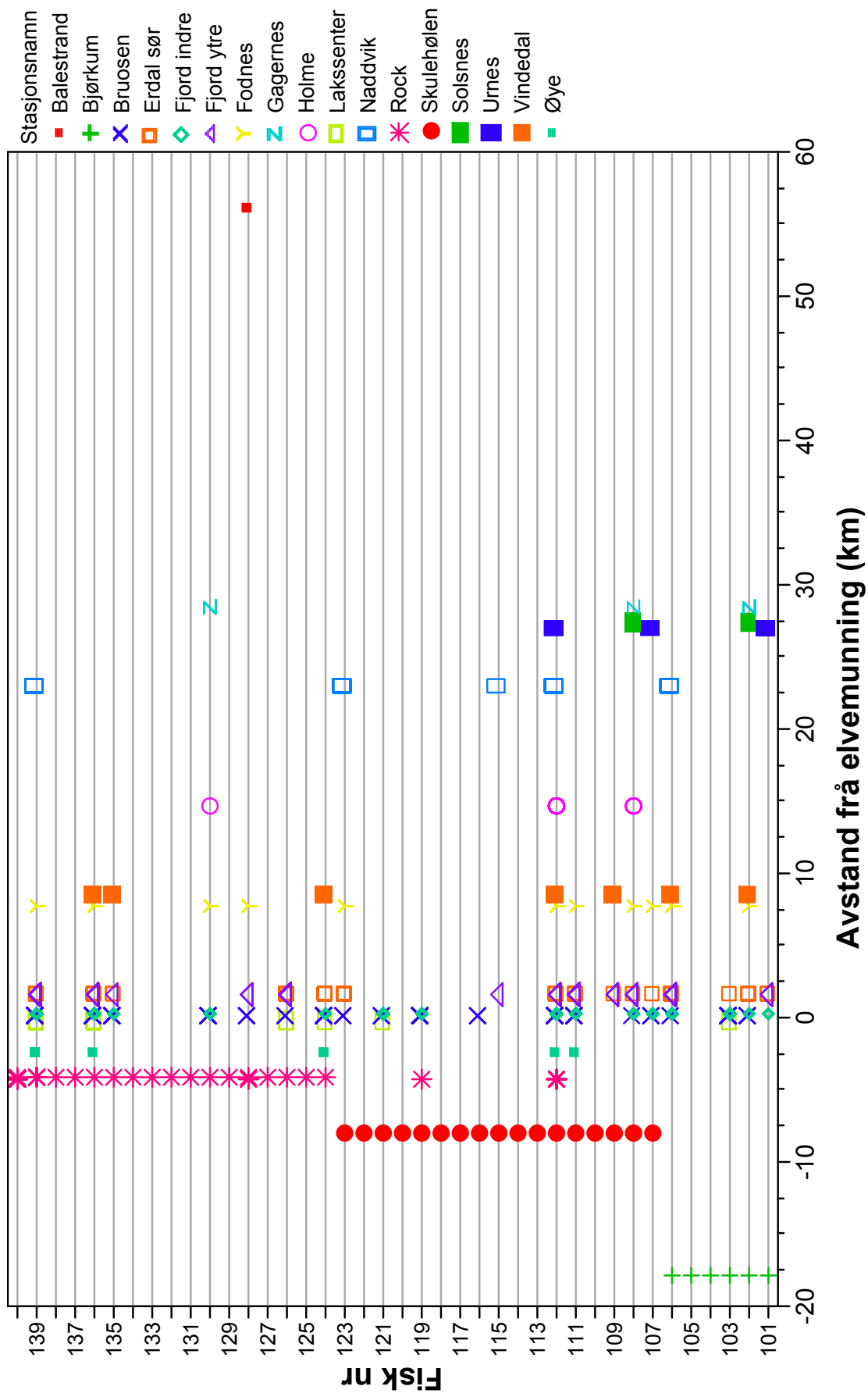
Aure vart merka på tre ulike stadar i Lærdalselva (Bjørkum-Langhølen, Skulehølen-Tønjumskvittli og Hauge-Rock) og fisk frå alle desse tre stadane er registrert i sjøen. Av desse er flest registrert i sjøve Lærdalsfjorden på lyttebøyene ved Erdal N/S, Vindedal, Fodnes og i sjøve elvemunningen (Fjord indre/ytre, Bruosen) (Figur 24).

Utover i Sognefjorden er det registrert tre auresmolt ved Holme (ID 108, 112, 130), to ved Solsnes (ID 102 og 108), tre ved Gagernes (ID 102, 108, 130) og ein ved Balestrand (ID 128) (Figur 22, 23 og 24).

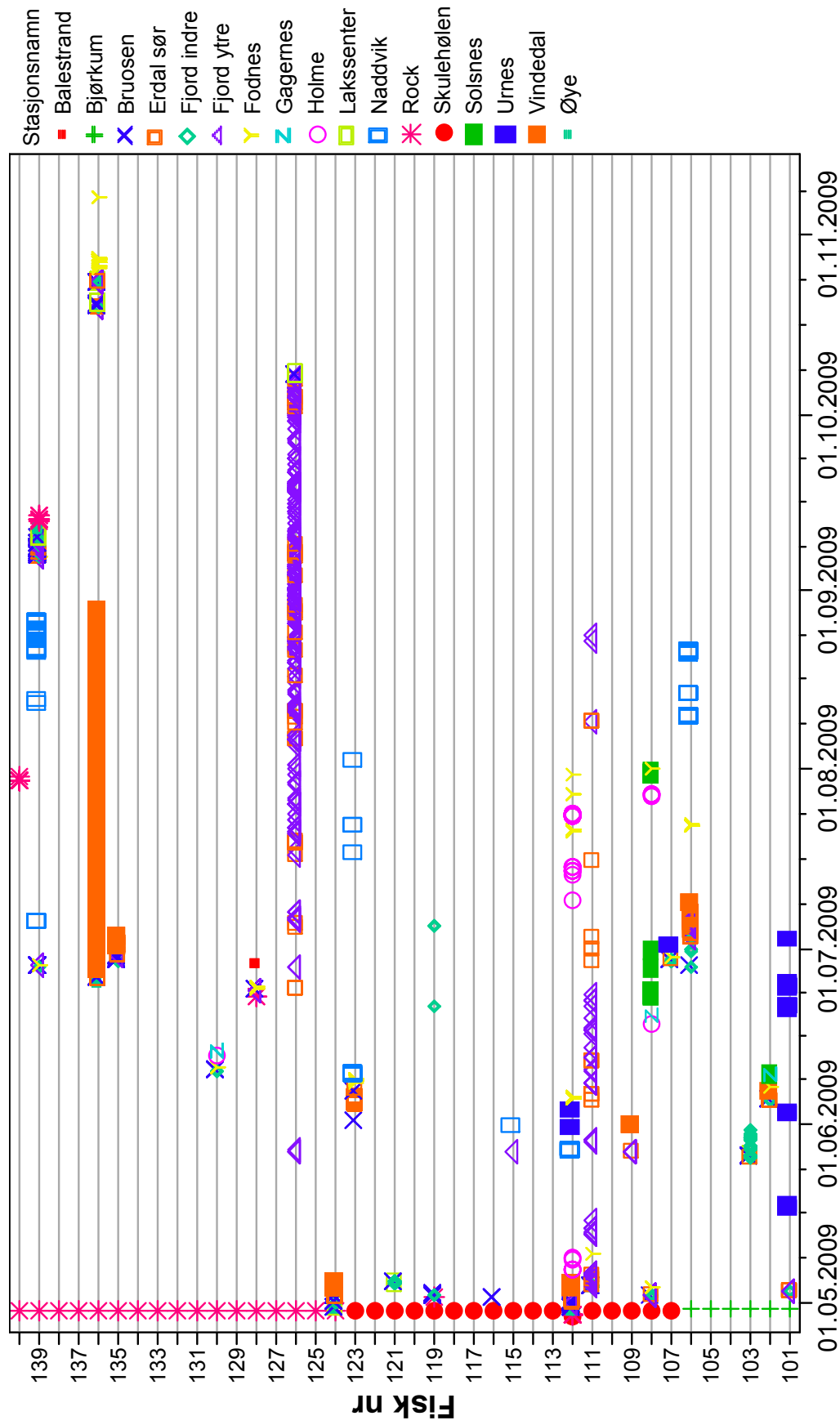
Innover Lusterfjorden ved Urnes er det registrert tre fisk (101, 107, 112) og i Årdalsfjorden ved Naddvik er det registrert fem fisk (ID 106, 112, 115, 123, 139) trass i liten tettleik av lyttebøyer i desse sidegreinene (figur 24).

Ingen registreringar av auresmolt er gjort verken ved Fimreite Sogndalsfjorden eller ved Breisnes i Aurlandsfjorden.

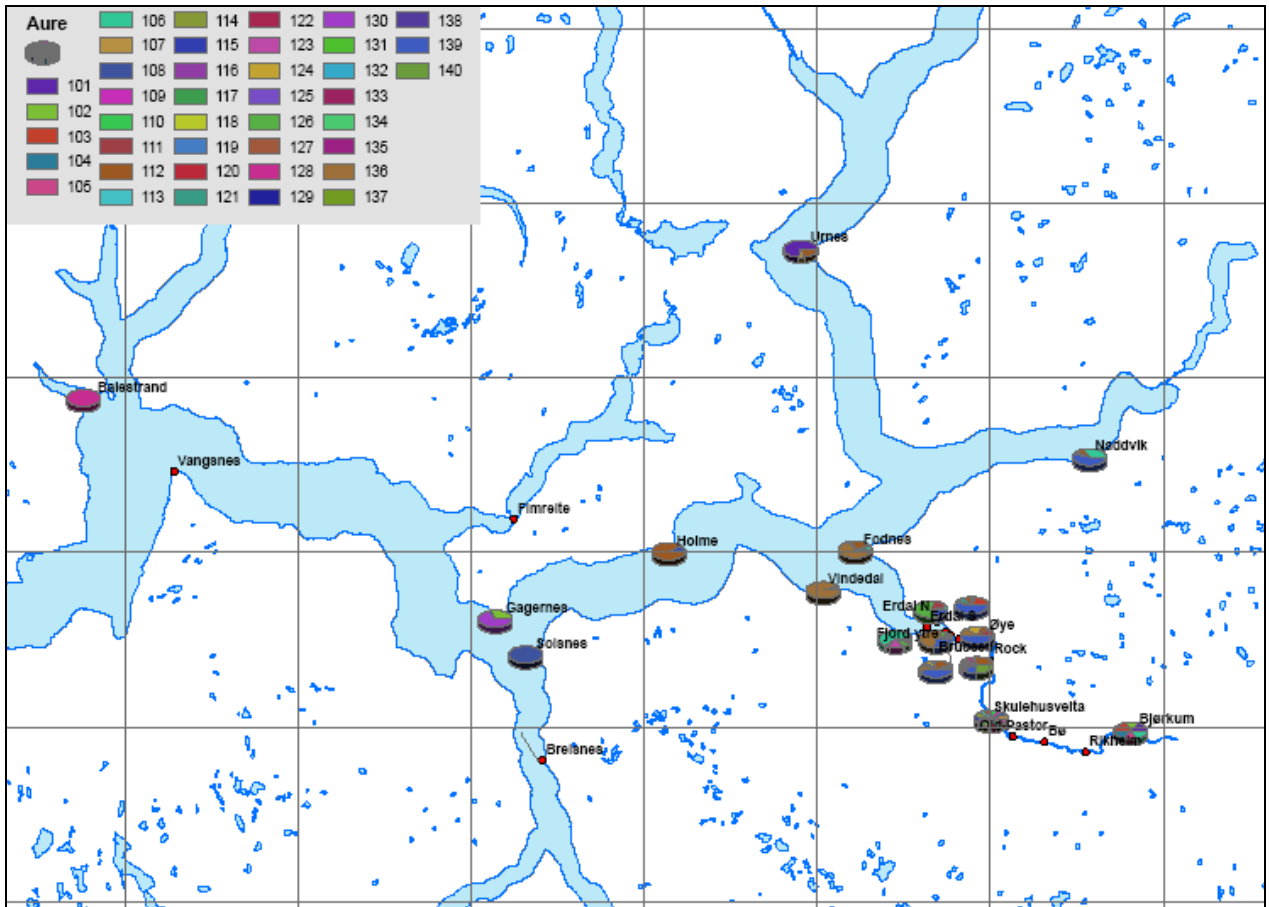
Figur 25 viser vandringsmønsteret til to auresmolt ID 101 og 102. ID 101 vert ikkje registrert av lyttebøyer i elva nedanfor Bjørkum og vandrar ut rett etter merking. Den dreg då til Urnes i Lusterfjorden. ID 102 vert registrert i elvemunningen (Bruosen) 4. juni og vandrar snøgt utover Lærdalsfjorden til Vindedal og vert seinare registrert både ved Solsnes og Gagernes utover i Sognefjorden.



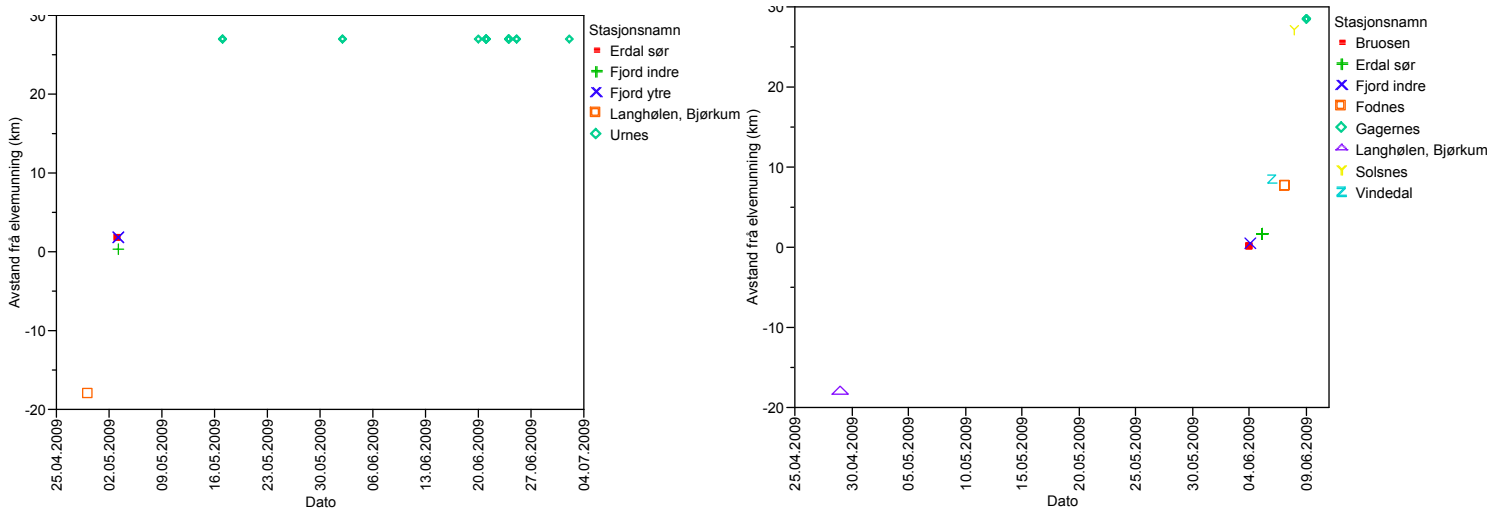
Figur 22. Oversikt over dei ulike auresmoltane og registreringar med avstand frå elvemunningen. Elvebøyer er Øye, Rock, Bø, Skulehølen og Lakssenter



Figur 23. Oversikt over dei ulike auresmoltane og registreringar i elv og sjø utover våren og hausten 2009. Elvebøyer er Øye, Rock, Bø, Skulehølen og Laksesenter



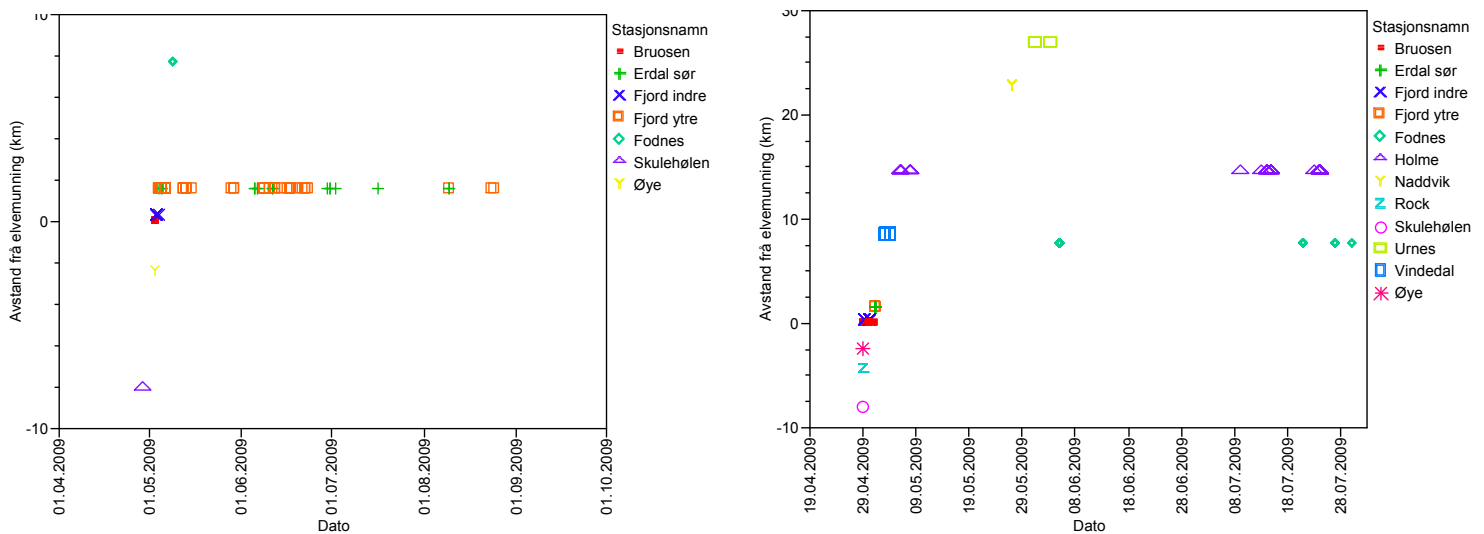
Figur 24. Oversikt over registreringar av auresmolt (ID 101-140 i Sognefjorden og Lærdalselva). Diagrammet viser ulike ID som er registrert på dei ulike stasjonane og kor stor del kvar enkelt fisk utgjer på kvar enkelt stasjon i forhold til det totale talet på auresmolt registreringar.



Figur 25. To auresmolt 101 (til venstre) og 102 (til høgre) merka ved Bjørkum 28 april. Bjørkum ligg 18 km frå utløp. Den eine vandrar innover til Urnes i Lusterfjorden den andre vandrar utover Sognefjorden (Solsnes-Gagernes).

Figur 26 viser aure ID 111 som er eit godt døme på fisk som ser ut til å halde seg i Lærdalsfjorden under heile forsøksperioden. Denne auren vart merka i Tønjumskvittli ved Skulehølen og vandra ut på kvelden 3. mai. Den oppheld seg i indre del av Lærdalsfjorden store delar av tida fram til september, med unntak av ein kort tur til Fodnes i mai.

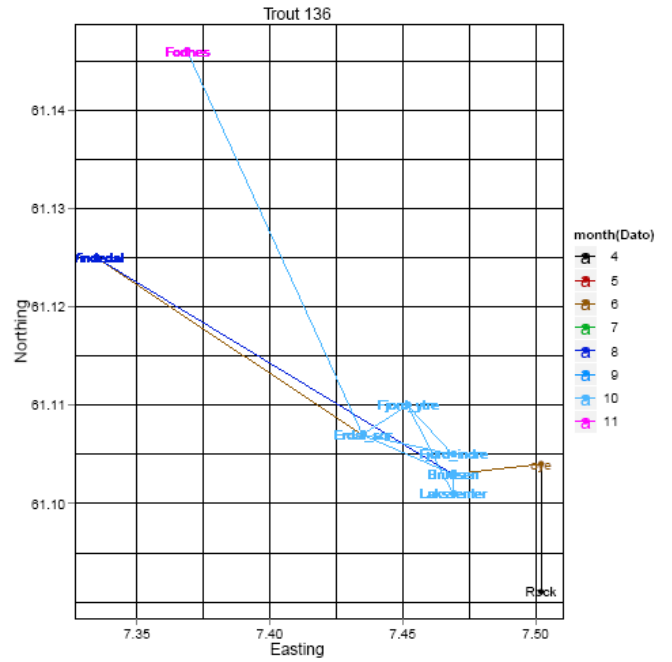
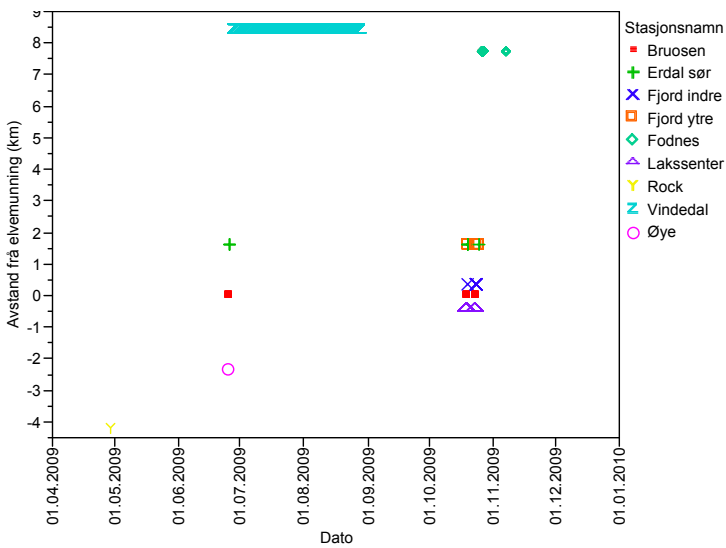
I materialet har vi også enkelte auresmolt som er registrert på lyttebøyer både i Luster- / Årdalsfjorden Urnes/Naddvik og utover i Sognefjorden (Holme/Gagernes/Solsnes/ Balestrand). Figur 26 viser også aure ID 112 som vart merka i Tønjumskvittli. Denne auren vandrar ut rett etter merking, og er på Urnes i Lusterfjorden i slutten av mai. Den vender seg så utover fjorden att, og vandrar mellom Fodnes og Holme fleire gonger fram til 1. august.



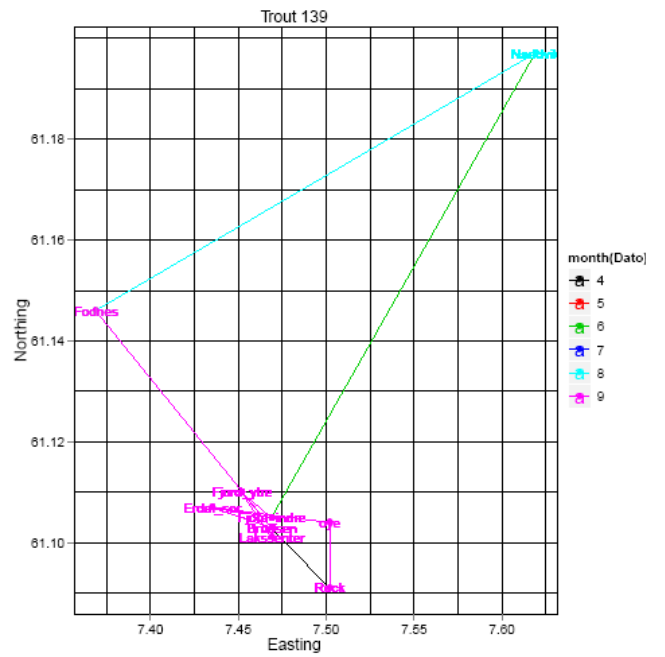
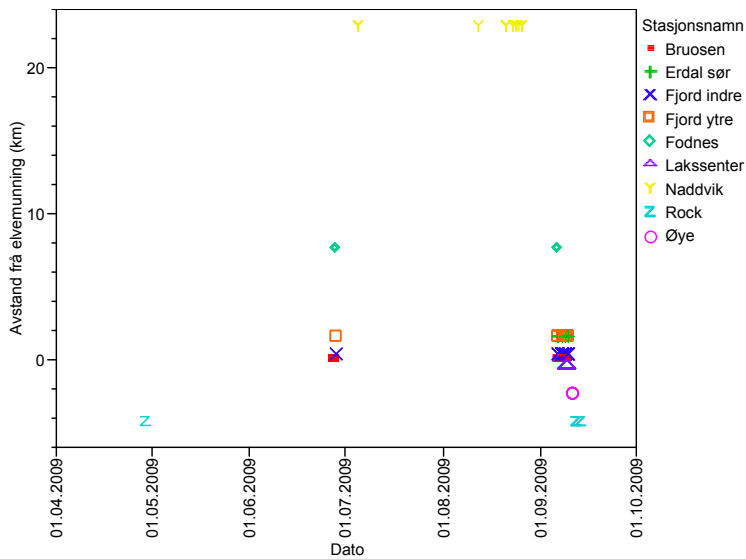
Figur 26. Til venstre: auresmolt ID 111, til høgre: auresmolt ID 112. Begge fiskane vart merka ved Tønjumskvittli- Skulehølen 29.april. Tønjumskvittli ligg 8 km frå utløpet av Lærdalselva.

I materialet har ein også aure som er registrert tilbake til Lærdalselva hausten 2009. Figur 27 viser auresmolt ID 136 som vart merka i Rock 28. april. Denne auren vandrar i sjøen 25. juni og dreg raskt til Vindedal der han vert registrert fram til 28. august. 1. oktober er han så attende i elva og fartar mellom elva og indre fjord fram til 26. oktober, deretter drar han ut til Fodnes der han vart registrert siste gong 7. november .

Figur 28 viser auresmolt ID 139 som også vart merka ved Hauge-Rock 28. april. Han vandrar ut 27. juni og dreg raskt til Naddvik i Årdalsfjorden der han vert registrert fleire gongar fram til 26. august. Han vert så registrert på Fodnes og i Bruosen 6. september, og vandrar deretter mellom elva og indre fjord fram til 11.september, før han endeleg går på elva og er attende i Rock 12. september. Denne fisken har hatt eit sjøopphald på omlag 11 veker.



Figur 27. Auresmolt ID 136 (18,5 g, 13,2 cm) sitt vandringmønster.



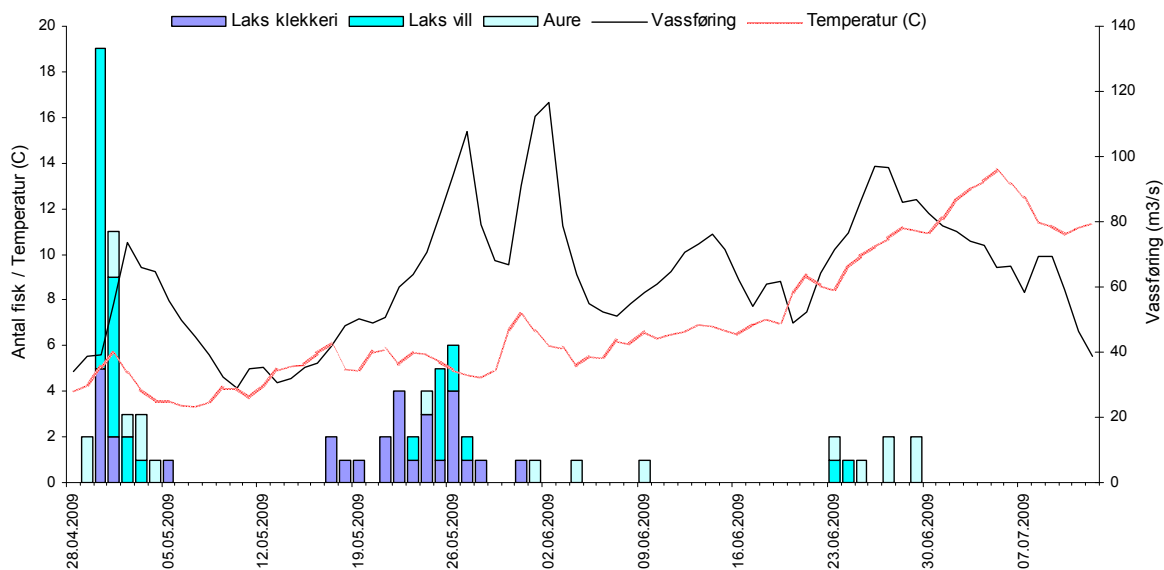
Figur 28. Auresmolt ID 139 (17,9 g 12,5 cm) sitt vandringmønster...

3.4 Vandring i elv

3.4.1 Utvandningsperiode

Utvandringstid frå elva basert på fisk som er registrert i sjøen er presentert i Figur 29. Trass i at studien er basert på relativt få individ, ser det ut til at ein har fanga opp to markerte periodar med utvandring for laksen og tre markerte periodar for auren (Figur 29).

Den første registrerte utvandringa i studiet skjedde på våren sin første større flomtopp (jf Figur 1), og alle toppane i utvandring skjer ved ein auka i vassføring (Figur 29).



Figur 29. Utvandringstidspunkt for akustisk merka smolt av sjøaure og laks (vill- og klekkeriproduisert) i Lærdalselva sesongen 2009. Vassføring og temperaturar er registrert ved Rikheim, Båthølen ved Lysne. Fisken vart merka frå 4,2 til 18 km oppstrøms utløp.

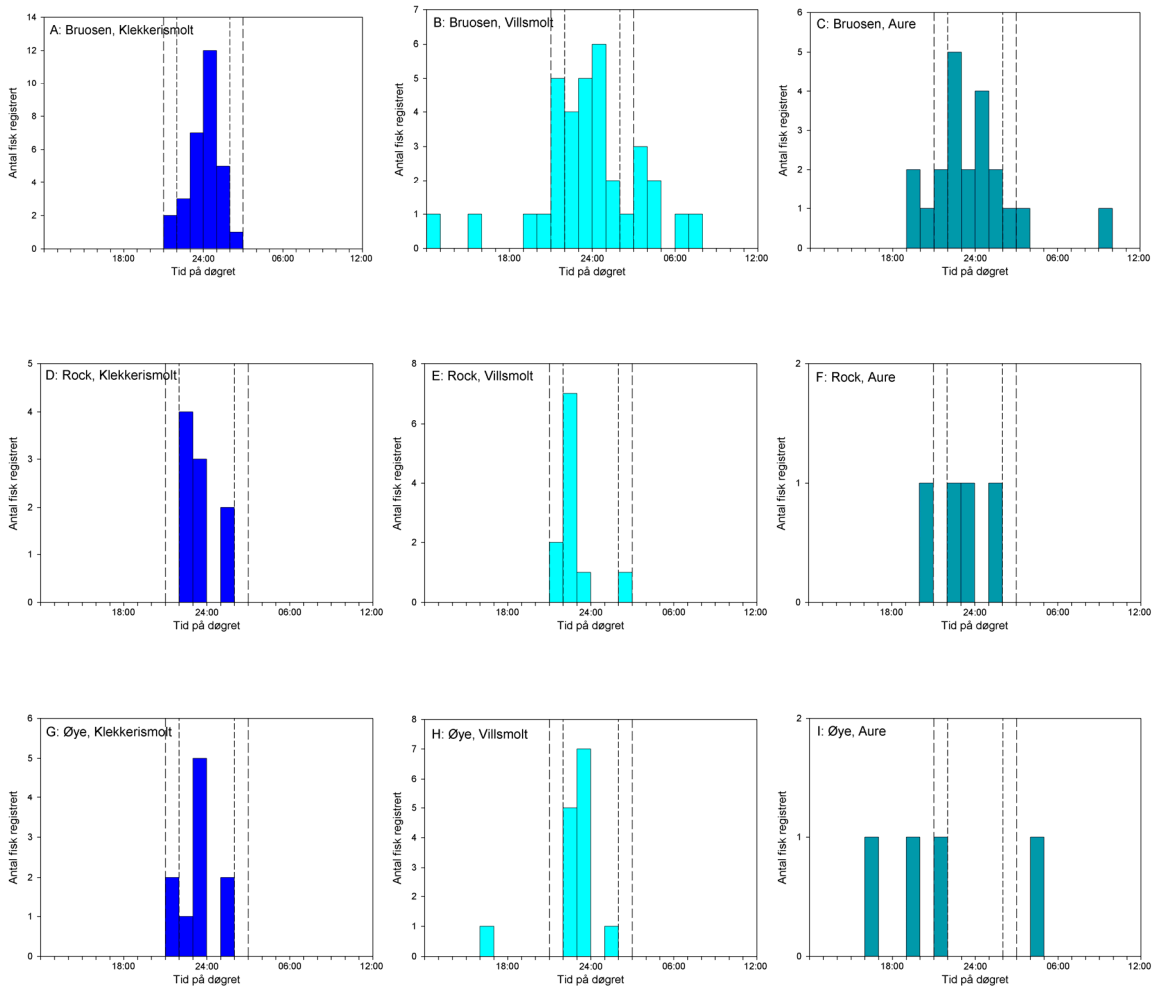
Laksen har eit utvandringsvindaug som strekkjer seg frå 29. april til 24. juni, med hovudmengda av fisk på utvandring mellom 29. april til 28. mai. Klekkerifisken vandra ut 1. mai til 30. mai, og villaksen hadde omlag same utvandringmønster som klekkerifisken, sett bort frå to laksar som vandra ut 22. og 23. juni. Laksesmolt frå Bjørkum (øvste merkestad) ser ut til å ha vandra både tidleg og seint i utvandningsperioden.

Flest fisk (omlag 50 %) vart registrert ved første utvandringstopp rundt 1. mai. På dette tidspunktet vandra vill laksesmolt frå alle utsettpunkta i elva. Dei to siste registrerte villaksane som vandra i juni kom begge frå øvre del av elva, og dei var og av dei minste fiskane i datamaterialet. Ein noko større del av klekkerismolten vandra på 2. utvandringstopp samanlikna med villfisken.

Auren vandra ut i tidsrommet 29. april til 29. juni. Auren har og markerte toppar i utvandring på same tidspunkt som laksen, men vandrar likevel ut over ein lengre periode og litt meir vilkårleg i forhold til miljøvariablane.

3.4.2 Utvandringstid på døgeret

Tid på døgeret for første registrering av merka smolt ved tre ulike stasjoner i Lærdalselva er vist i Figur 30. Det er tydeleg at alle grupper av smolt vandrar i hovudsak i den mørke delen av døgeret. Registreringane ved Bruosen representerer punktet der smolten vandrar ut i fjorden.

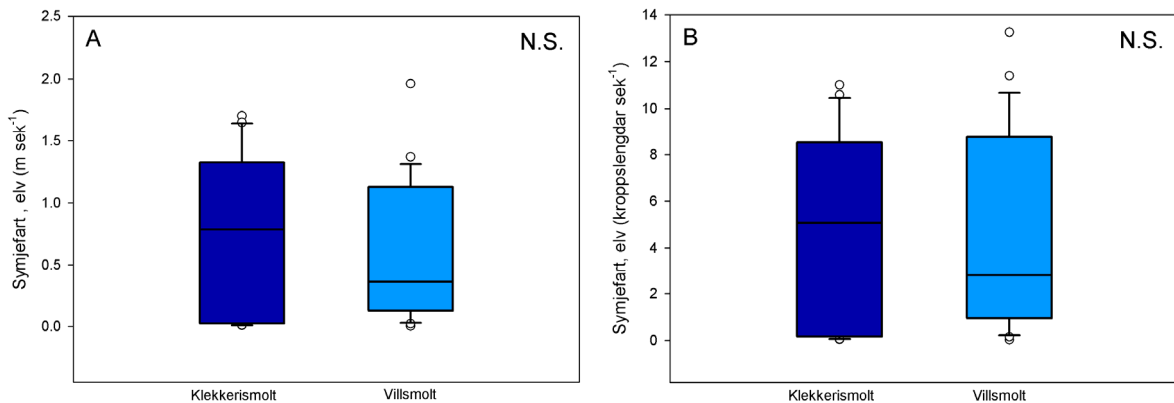


Figur 30. Tid på døgeret for registrering av akustisk merka smolt (klekkerismolt, villsmolt og aure) på tre ulike stasjoner i Lærdalselva (Bruosen (A, B, C), Rock (D, E, F) og Øye (G, H, I)). Vertikale liner syner omtrentleg nattlengd 1. mai (grove stiplar) og 31. mai (fine stiplar).

3.4.3 Symjefart

Estimert symjefart hjå utvandrande klekkerismolt og villsmolt i Lærdalselva, framstilt som meter pr sekund (A) og kroppslengdar pr sekund (B) er vist i Figur 31. Der var ikkje statistisk signifikant skilnad på gruppene.

Omrekna til km/dag (NGS: Net Ground Speed) vart gjennomsnittsfarta 60 og 45 km/dag for høvesvis klekkeri- og villsmolt.



Figur 31. Estimert fart hjå utvandrande klekkerismolt og villsmolt i Lærdalselva, framstilt som meter pr sekund (A) og kroppslengd pr sekund (B). Horizontal linje er medianverdien (den midtarste observerte verdien), farga boks er 25-75 percentilen (50 % av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), vertikal linje er 5-95 percentilen (90 % av observasjonane ligg innafor dette intervallet), og runde punkt er enkeltobservasjonar utanfor dette området. Klekkerismolt og villsmolt er statistisk testa for skilnader (t-test). N. S tyder at det ikkje er statistisk signifikant skilnad på gruppene ($p=0.05$).

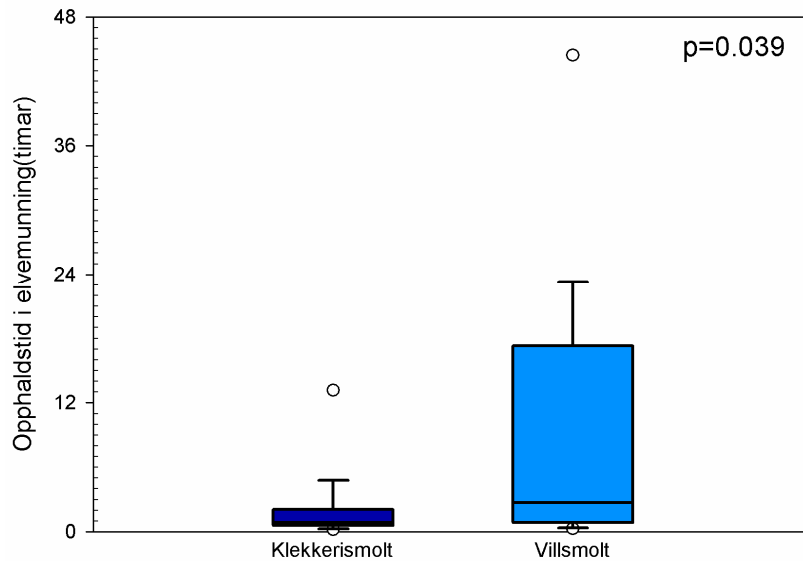
3.5 Vandring i sjø

3.5.1 Opphaldstid i elvemunningen

Figur 32 viser estimert opphaldstida i elvemunningen til villaksesmolt og klekkerismolt, der opphaldstida til klekkerismolten var signifikant kortare ($p=0.039$).

Auren vandra meir fram og attende i fjordsystemet, og nokre individ stod i dette området under heile sin marine fase, medan all laks snøgt tok seg vidare ut fjorden. Opphaldstida for aure vart difor ikkje like relevant å rekne ut.

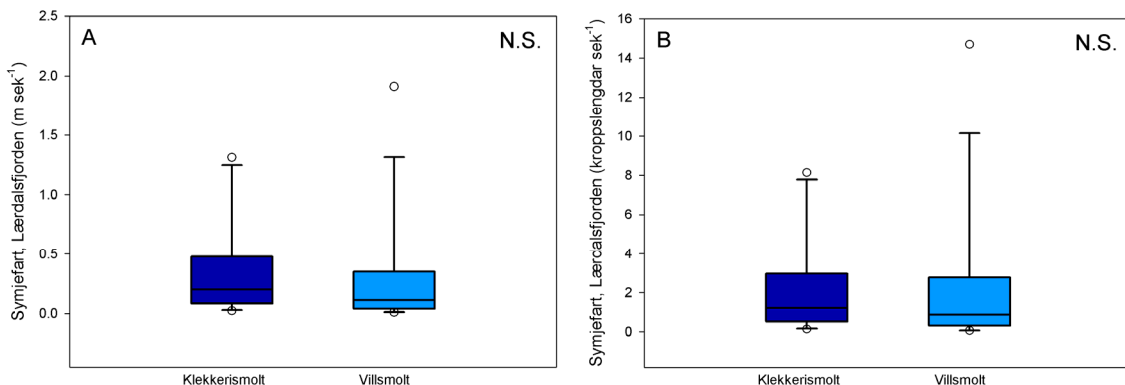
Svært få fisk vert att i munningsområdet etter første registrering. Både klekkerilaksen og villaksen er ute av systemet på få timar (Figur 32). Auren bruker litt lenger tid, men mesteparten av han trekkjer ut av området og vert registrert ved Fodnes, Gagernes, Vindedal, Urnes og Naddvik (Figur 24)



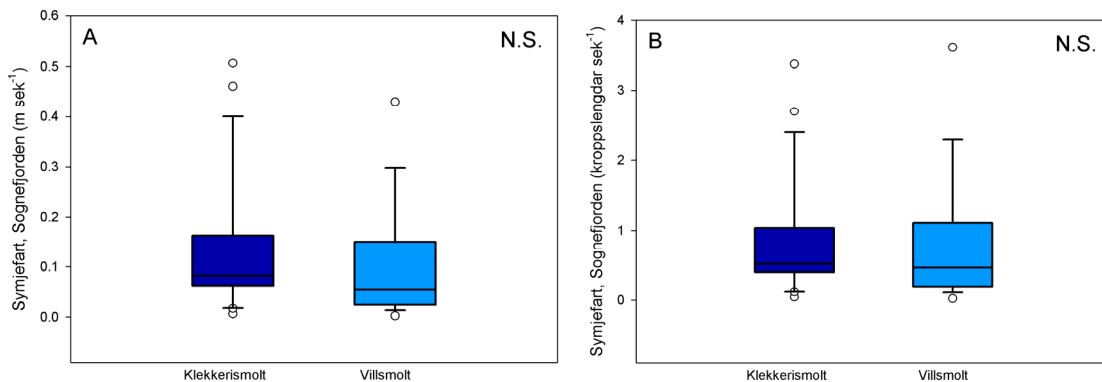
Figur 32. Estimert opphaldstid (timar) i elvemunningen (området frå Bruosen og ut til Erdal, ca 2 km). Opphaldstida er rekna som tida frå første registrering i Bruosen fram til siste registrering på dei yttarste lyttebøyene ved Erdal. Horisontal linje er medianverdien (den midtarste observerte verdien), farga boks er 25-75 percentilen (50 % av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), vertikal linje er 5-95 percentilen (90 % av observasjonane ligg innafor dette intervallet), og runde punkt er enkeltobservasjonar utanfor dette området. Klekker og villsmolt er statistisk testa for skilnaden (t-test), og opphaldstida til klekkerismolten var signifikant kortare ($p=0.039$).

3.5.2 Vandring i fjorden

Estimert symjefart hjå utvandrande klekkeri- og villsmolt i Lærdals- og Sognefjorden er vist i Figur 33 og 34. Verken i Sognefjorden eller Lærdalsfjorden var det statistisk skilnad på vandringsfart til klekkeri- og villsmolt. Ein ser likevel at klekkerismolten har noko større gjennomsnittleg vandringsfart i begge tilfelle.



Figur 33. Estimert symjefart hjå utvandrande klekkeri- og villsmolt i Lærdalsfjorden, framstilt som meter pr sekund (A) og kroppslengd pr sekund (B). Horisontal linje er medianverdien (den midtarste observerte verdien), farga boks er 25-75 percentilen (50% av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), vertikal linje er 5-95 percentilen (90% av observasjonane ligg innafor dette intervallet), og runde punkt er enkeltobservasjonar utanfor dette området. Klekkerismolt og villsmolt er statistisk testa for skilnader (t-test). N. S tyder at det ikkje er statistisk signifikant skilnad på gruppene ($p=0.05$).



Figur 34. Estimert fart hjå utvandrande klekkerismolt og villsmolt i **Sognefjorden**, framstilt som meter pr sekund (A) og kroppslengd pr sekund (B). Horisontal linje er medianverdien (den midtarste observerte verdien), farga boks er 25-75 percentilen (50 % av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), vertikal linje er 5-95 percentilen (90% av observasjonane ligg innafør dette intervallet), og runde punkt er enkeltobservasjonar utanfor dette området. Klekkerismolt og villsmolt er statistisk testa for skilnader (t-test). N.S tyder at det ikkje er statistisk signifikant skilnad på gruppene ($p=0.05$).

Omrekna til km/dag (NGS: Net Ground Speed) vert gjennomsnittsfarta i Lærdalsfjorden 91 og 51 km/dag for høvesvis klekkeri- og villsmolt, medan gjennomsnittsfarta vert 12 og 9 km/dag i Sognefjorden.

4. Diskusjon

4.1 Teknisk gjennomføring

4.1.1 Lyttebøyer og datafangst

Smoltstudien vart avslutta med innsamling av lyttebøyer i desember 2009, men delar av lyttebøyenettverket i ytre del av Sognefjorden og i Lærdalselva har vore operativ til juli 2010 i samband med ein studie som har sett på vandringsmønsteret til vaksne sjøaure (0,7-8 kg) over ei to års periode.

Lyttebøyenettverket fungerte bra under heile perioden, bortsett frå dei to bøylene i utløpet av Sognefjorden som ikkje er funne etter utplassering. Ein stor del av dei merka smoltane er registrert både i elv og fjord.

I Lærdalselva er det fisk som har passert forbi lyttebøyer i elva utan å verte registrert men som er registrert på bøyer i sjøen. Dette skuldast truleg farta til fisken i høve til tidsoppløysinga på signalet som i snitt sender ut informasjon ein gong i minuttet for laksen, og det faktum at dei akustiske tilhøva i elva kan gjere deteksjonen vanskelegare. Bruk av akustiske lyttebøyer i hurtigrennande elv gir ein mykje kortare deteksjonsradius grunna turbulens, innblanding av luftbobler og støy. Saman med dei høge vandringsfartene i elva, gjer dette at ein god del utvandrande fisk ikkje vert registrert før dei kjem ut i fjorden.

Det vart av naturlege grunnar størst tettleik av lyttebøyer i Lærdalsfjorden. Deteksjonsradiusen til fjordbøylene vil vere påverka av bølger, nedbør og andre kjelder til akustisk støy, i tillegg til

variasjonar i salinitet eller temperatur som vil medføre avbøying av lydbølgjene. Utførde testar gav ei rekkevidde på 120-150 meter på bøyene i Lærdalsfjorden på stille sjø

Dersom fisk flyttar seg raskt eller er i ytre del av deteksjonsområdet, kan det hende at han ikkje vert registrert. Sognefjorden er kjenneteikna av store djup og fjordbreidder slik at eit tradisjonelt telemetrioppsett med heildekkande transekt utover fjorden ikkje er teknisk eller økonomisk gjennomførbart. I andre studiar har ein freista å estimere overleving av smolt i ulike fjordsegment basert på slik teknikk. Det er ikkje mogeleg å gjere slike estimat i dette høvet, då mykje smolt kan passere dei ytre lyttebøyerne utan å bli detektert. Deteksjonar i ytre delar kan likevel gje eit minimumsestimant på overleving i områda innanfor, men det vil vere knytt stor uvisse til slike estimat basert på eit så lite individtal. Ved å sjå på talet på fisk registrert i ulike område, kan ein estimere at minimum omlag 30 % av klekkerismolt og villsmolt overlever dei første 50 kilometrane av Sognefjorden. Det reelle talet er truleg høgre, då ein kan rekne med at fisk kan passere utan å bli registrert i bøyenettverket som vart nytta i dette forsøket.

Ein vil heller ikkje få registreringar dersom det er fleire fisk i same område som prøver å sende informasjon på same tidspunkt. Risikoen for slike kollisjonar er likevel ganske liten ettersom merka sender ut signal med varierende intervall (30/60 s for laksen, og 90/150 s for auren). I dei mest intense utvandningsperiodane med mykje fisk i nedre delar av elva og indre del av Lærdalsfjorden, vil ein måtte rekne med ein del tap av informasjon knytt til slike signalkollisjonar. Ein har likevel, basert på registreringar som er gjort lengre ute i fjorden, fanga opp nær all utvandrande fisk på lyttebøya i Bruosen i elvemunningen av Lærdalselva.

Kombinasjonen av å ha merka eit lite tal fisk, relativt lita rekkevidde på signalet og store avstandar mellom lyttebøyer i Sognefjorden gjer sitt til at ein ikkje kan forvente mange registreringar i ytre del av studieområdet.

Grunnen til at ein valgte ei anna tidsoppløysing for auren var at ein ynskte å ha lenger levetid på desse merka då ein forventa at auren ville opphalde seg i fjordsystemet over lengre tid enn laksen, noko som og er stadfesta i datamaterialet. Det vart ikkje registrert laks i bøyenettverket etter 7. juli. Siste auren vart registrert på seinhausten, omlag så lenge ein kunne forvente batteria i sendarane ville vare.

4.1.2 Merking av fisk

Det er av fleire grunnar knytt ganske mykje usikkerheit til merking av pre-smolt, og ein må forvente at mange fisk ikkje vil verte registrert i ettertid. Ein kan risikere å merke fisk som ikkje skal smoltifisere det aktuelle året, og som då ikkje vil vandre ut. Ein kan og miste ein del fisk grunna predasjon. Sjølve merkinga vil kunne ha ein negativ effekt på gjenfangstresultatet. Bremset *et al.*, (2008) merka 79 presmolt av laks 1 km oppstrøms utløp i Nausta der 27 fisk vart registret i utløp (34%). I studien rapportert her, vart fisk merka i ulike delar av elva frå Bjørkum til Hauge, høvesvis 18 og 4 km frå elvemunningen. Det at ein så stor del av fisken vart registret i sjø (85 og 78 % av høvesvis villaks og klekkerilaks) må ein då seie seg nøgd med. Dette indikerer at merkemetodikken truleg ikkje har ført til større åtferdsmessige endringar hjå fisken.

Ulikt predasjonstrykk og andre miljøvariablar kan vere ein viktig skilnad mellom studiane, og like eins graden av smoltifisering. I dette studiet vandra merka fisk ut frå dagen etter merking til nesten 2 månader etter merking, og utvandringa synest styrt av miljøvariablar som auke i vassføring og tid på døgeret (Figur 29 og 30).

4.2 Vandring i elv

Mange studiar rapporterer at smolten hovudsakleg vandrar på den mørkast tida av døgeret (Ruggles 1980, Jonsson, 1991, Hansen 1993, Moore *et al.*, 2000; Aarestrup *et al.*, 1999). I sistnemnde studie skjedde 85 % av vandringa om natta. I elvar nord om Polarsirkelen kan utvandringa skje gjennom heile døgnet (Jonsson 1991, McCormick *et al.*, 1998), då det her er midnattssol og såleis små skilnader mellom natt og dag (McCormick *et al.*, 1998). Vandring på natt er truleg ei tilpassing for å unngå predasjon. På slutten av utvandringsperioden kan utvandring om dagen utgjere ein gradvis større del (Baglinere 1976) men dette var ikkje observert for laksen frå Lærdalselva sesongen 2009. Det må understrekast at talet merkt fisk er for lågt til å drage konklusjonar om endringar gjennom sesongen, men ein kan slå fast at vandringa hovudsakleg skjer på natt forbi alle stasjonane i elva og i fjordmunningen.

4.2.1 Laksesmolt

Laksen hadde eit utvandringsvindaug som strakk seg frå 29. april til 24. juni, med hovudmengda av fisk på utvandring mellom 29. april til 28. mai. Eit smoltvindaug på 6-7 veker er i samsvar med resultat frå mange andre norske vassdrag (Arnekleiv *et al.*, 2007, Urke *et al.*, 2010). Dei låge temperaturane i Lærdalselva (under 10 grader ut i juni, Figur 1) kan bidra til at smoltvindauget kan vere lengre i Lærdalselva enn andre elver med ein større temperatúrauke på våren (Zydwlewski *et al.*, 2005).

I 2009 synest ein auke i vassføringa å vere den viktigaste utløysande faktoren for utvandring av laksesmolt (Figur 29). Dette er samanfallande med det som er vist i mange andre laksevassdrag (Saksgård *et al.*, 1992, Hvidsten *et al.*, 1995, Arnekleiv *et al.*, 2007). Saksgård *et al.*, (1992) fann at utvandring i Alta skjedde etter vårflommen, og at den var korrelert med ein auke i vassføring, vassstemperatur og månefase. I Imsa var derimot endring i vassstemperatur den viktigaste enkeltfaktoren for smoltutvandring (Jonsson & Ruud-Hansen 1985). Mykje av denne variasjonen skuldast truleg ulike tilhøve i elvane, der kvar elv har sine fysiske og klimatiske særtrekk.

Ein allmen trend synest å vere at utvandringa rettar seg inn slik at smolten kjem ut i havet ved ein sjøtemperatur på 8 grader eller varmare, noko som gjer at fisken må respondere ulikt for å vandre ut på ei optimal tid i ulike vassdrag og klimasonar (Hvidsten *et al.*, 1998). Temperaturen i Lærdalselva heldt seg under 8 °C i elva fram til månadsskiftet mai-juni, medan sjøtemperaturen i dei øvste 2 metrane ved Fodnes var 10-11°C allereie i april. Basert på >8 graders kriteriet (Hvidsten *et al.*, 1998) kan ein seie at laksesmolten kunne ha vandra endå tidlegare, og ein del av bestanden kan ha gjort dette utan at det vart registrert i dette studiet. Den første registrerte utvandringa i studiet skjedde på våren sin første større flomtopp, og om fisken var klar til å gå i sjøen på eit tidlegare tidspunkt er uvisst. I overkant av to veker seinare går ein ny gruppe med fisk ut, også då på stigande elv.

Det er ein god del variasjon i både fart på elvevandring, og om fisken vandrar gjennom heile døgeret eller mest på spesifikke tider av døgeret. Ruggles (1980) sin gjennomgang av litteraturen gav så varierende estimat som frå 0,2 til 28 kilometer pr dag i netto vandringsfart for Atlantisk laks. Gjennomsnittleg symjefart for både vill (48 km/dag) og klekkerilaks (60 km/dag) i Lærdalselva er langt høgre enn i Ruggles (1980) sin gjennomgang, og i seinare studiar som til dømes (Aarestrup *et al.*, 1999). Den ulike vandringsfarta rapportert frå ulike stader kan ha mykje med elvetopografien og vatnet si fart å gjere. Lærdalselva vil sjølv i dei nedre delane ha mykje høgre vassfart enn i mange andre vassdrag der studier er gjort. Samstundes tyder dataene på at mykje av smolten i Lærdalselva kun treng ei natt på å ta seg ut av elva.

Data frå eit lite tal fisk frå ein sesong er ikkje godt nok grunnlag for sterke konklusjonar, men kunnskap om utvandringstidspunkt og at dette ser ut til å vere vassføringsstyrt bør vere relevant

informasjon i høve til eventuelle miljømessige tilpassingar av vassføringsregimet ved Borgund kraftverk.

4.2.2 Auresmolt

Auren har og markerte toppar i utvandring på same tidspunkt som laksen, men vandrar likevel ut over ein lengre periode og litt meir vilkårleg i forhold til miljøvariablane. Dette er i samsvar med granskingar gjort i andre vassdrag (Hembre *et al.*, 2001, Arnekleiv *et al.*, 2007). Auren er og rapportert å vandre til alle tider på døgeret i same system der laksen har meir nattvandringsadferd. Dette ser ikkje ut til å gjelde for auren si vandring i Lærdalselva i 2009, då det er registrert nesten utelukkande nattvandring på alle stasjonar i elva (Figur 30). Ei av forklaringane til dette kan kanskje vere at Lærdalselva er ei av dei klåraste elvane i Noreg og at fisken ved å vandre på den mørkaste delen av døgnet redusere sin eigen preadsjonrisiko.

Ein god del av den merka (48 %) aurane vart ståande igjen på elva (Figur 22). Auren er morfologisk sett noko vanskelegare å peike ut som smolt, og ein god del av dei merka fiskane vart fanga inn frå sideløp og loner i elva. Det er difor truleg merka ein del aure som anten ikkje smoltifiserte dette året eller som ikkje kjem til å vandre til havs i det heile (stasjonær aure). Medan noko av denne fisken kan ha vorte eten av predatorar, er det ved hjelp av manuell peiling hausten 2009 også registrert fisk som stod att i elva og som hadde hatt positiv oppstraums forflytting etter merking (H. Urke, upubliserte data). Datafangsten på dei 21 aurane som vandra ut er likevel så god at ein må seie seg nøgd med resultatet i forhold til målet med studiet.

4.3 Vandring i sjø

Opphaldstid i elvemunningen er kort for både klekkerismolt, villsmolt og dei fleste av aurane. Frå andre studiar rapporterast det ofte om at smolt brukar lengre tid i dette området og at vandringsfarta dermed er lågare enn lenger ute i fjordane. Det er vist at netto fart aukar med aukande saltinnhald i vatnet (Hedger *et al.*, 2008), slik at fisken flytter seg hurtigare mot ope hav til lenger vekk frå elva han kjem. Dette ser ikkje ut til å vere tilfelle i dette studiet, da vandringsfarta ut Lærdalsfjorden er høgare enn i Sognefjorden.

Om større laksefisk eller marin fisk stod for predasjon av smolt i Lærdalsfjorden, skulle ein forvente at signal frå etne laks vart registrert i fjordsystemet over lengre tid. Dette er ikkje tilfelle. Ingen laksemerke vart registrert av bøyenettverket etter 7. juli. Dette kan tyde på at predasjonstrykket på utvandrande smolt både i elva og i munningsområdet er lågt.

Dei fleste studiar nyttar akustisk telemetri med lyttebøyenettverk/transekt som registrerer tidspunkt når fisken passerer, og fisken si fart vert rekna ut som tidsdifferansen mellom registreringar på ulike geografiske punkt med kjend avstand. Dette vert då eit uttrykk for netto fart. Meir detaljerte studiar har vist at fisken sym i alle himmelretningar, men med ei dominerande retning frå elvemunningen, slik at den faktiske symjefarta er langt høgare enn det som vert registrert som netto fart (Thorstad *et al.*, 2007, Hedger *et al.*, 2008).

4.3.1 Laksesmolt

Som i elv er det også i sjøfasen dokumentert stor variasjon i vandringsfart for utvandrande laksesmolt, medan vandringsdjup generelt synest å ligge i dei øvste tre metrane av vannsøyla gjennom døgeret (Moore *et al.*, 2000; Lacroix *et al.*, 2004, Davidsen *et al.*, 2008). Vandringsdjup på utvandrande villsmolt er ikkje kartlagt i dette studiet, då fiskemerker som gir informasjon om djup krev at fisken er betydeleg større enn vill laksesmolt frå Lærdalselva.

Vandringsfarta til laksen i vår studie er svært høg samanlikna med andre studiar, særleg om ein nyttar kroppslengd pr sekund som måleening (Thorstad *et al.*, 2007, Plantalech Manel-la *et al.*, *submitted*). Dette kan skuldast genetiske tilpassingar til ein sær lang vandringsveg for fisk frå Lærdalselva, noko som er dokumentert ved bruk av mellom anna laks av Lærdalsstamme i samanliknande forsøk i Hardangerfjorden (Plantalech Manel-la, *et al.*, *submitted*). I Hardangerfjordstudiet vandra Lærdalslaks hurtigare enn laks frå Flekke, og målt i km/dag var farta større enn det som er rapportert her. Tar ein derimot høgde for skilnad i kroppslengd, er likevel farta på laksen i dette studiet frå Sognefjorden 15-30 % høgare. Den høge farta kan og delvis skuldast gunstige straumforhold i fjorden.

Den klekkeriprodusert laksen ser ut til å ha ein bra fart utover i fjorden, og den vandrar i gjennomsnitt noko raskare enn villsmolten. Skilnaden er likevel ikkje statistisk signifikant. Same resultat er funne av Thorstad *et al.* (2007), som grunnjev dette med at klekkerifisken er lengre, og difor i stand til å halde høgre symjefart. I Thorstad *et al.*, (2007) sitt studie er skilnaden i storleik mellom vill-og klekkerifisk større enn som var tilfelle i dette studiet.

Det at farta er betydeleg høgare i Lærdalsfjorden enn lenger ute i Sognefjorden skuldast truleg at farta vert underestimert i Sognefjorden pga. lang avstand mellom bøyene og at fisken ikkje gjeng i rette liner mellom lyttebøyene. Det er større moglegheit for å “rote seg bort” i Sognefjorden med sidearmar og straumvirvlar etc. I Lærdalsfjorden vil kort avstand mellom bøyene kan gjere tala litt for høge ved at registreringar kan skje i ytterkant av bøyene sitt deteksjonsområde, og såleis redusere avstanden/distansen med 200-300 meter.

Med tanke på Sognefjorden har mange forgreiningar som utgjer betydelege fjordsystem i seg sjølv, kan det tenkast at laksesmolten ville vandra inn i desse og såleis kunne anten verte forsinka i vandring si mot havet eller ikkje finne attende til den rette vandringsruta i det heile. Denne studien viser at berre eit fåtal av smolten, både av klekkerilaks og villaks, vart registrert inne i sidegreinene. Ulikskapen i vandringsfart mellom Lærdalsfjorden, som er ein fjord utan forgreiningar, og Sognefjorden, indikerer at meir komplisert fjordtopografi likevel kan ha ein innverknad på vandringsfarta.

Trass i relativt låg tettleik av lyttebøyer, har til dømes lyttebøya på Gagernes registrert totalt 10 villaks, 10 klekkerifisk og 3 auresmolt. Gagernes ser såleis ut til å vere ein stad der ein stor del av fisken passerer. Samanliknar vi Gagernes med Solsnes tvers over på sørsida av fjorden, så har denne bøya ingen registreringar av laks, men derimot har to aurar vore innom. Det er difor grunn til å tru at laksesmolten følgjer den nordlege sida av Sognefjorden i dette området. Ute ved Balestrand og Vangsnes er det ein betydeleg avstand mellom dei to lyttebøyene og det er dermed store område som ikkje er dekt av bøyene. Trass i dette er det registret smolt på begge bøyene, og då flest på nordsida ved Balestrand. Vandringsmønsteret til laksesmolten vidare utover i Sognefjorden har ein ikkje gode nok data på.

Utrekningar av vandringsfart frå Fodnes til Gagernes tyder på at laksesmolten har ein vandringsfart på rundt 10 km/dag. Om dette er tilfelle for den vidare vandringa utover i Sognefjorden, betyr det at smolten bruker omlag 14 dagar på å kome seg ut til Sognesjøen i ytre del av Sognefjorden. Basert på dette estimatet burde det i tidsromet frå 14. mai til 1. juli vore minimalt med infektive lakseluslarvar i ytre del av Sognefjorden for å sikre ein mest mogleg lusefri utvandringskorridor for laksesmolten frå Lærdalselva i 2009.

4.3.2 Auresmolt

Materialet i denne studien indikerer at Aurland-og Sogndalsfjorden ikkje er eit like viktig oppvekstområde for auresmolt frå Lærdalselva, samanlikna med delar av Årdal- og Lusterfjorden. Det er heller ikkje registert auresmolt lenger ute enn Balestrand-Vangsnes. Talmaterialet i studien er ikkje solid nok til å trekke sikre konklusjonar, men ein ser at enkelte auresmolt har ein monaleg del av sin

marine livsfase i fjordområde langt vekk frå elva, og tilbakelegg store avstandar på si vandring i fjordsystemet.

I materialet har ein både fisk som oppheld seg i Lærdalsfjorden gjennom heile forsøksperioden, fisk som vandrar mellom Luster -Årdal og Gagernes-Holme-Fodnes, samt auresmolt som ser ut til å ha ein meir retningsbestemt vandring utover i Sognefjorden. Auren i Lærdal bruker til dømes kortare tid i elvemunningen enn det som er dokumentert i Eresfjorden med fisk frå Eira (Finstad *et al.*, 2005).

Ein har registrert fisk som kjem tilbake til Lærdalselva etter eit sjøopphald på 9 -11 veker.

4.4 Evaluering av klekkeriproduisert laksesmolt

Utsetjing av fisk er det vanlegaste tiltaket som har vorte iverksett i regulerte vassdrag for å prøve å redusere negative verknader av vassdragsregulering på laksebestanden. Resultatet av desse fiskeutsetjingane er omdiskutert. I høve der ein har gjennomført direkte samanlikningar mellom vill og klekkeriproduisert fisk, kan det synest som om klekkerifisken ikkje presterer like godt som villfisken (McDonald *et al.*, 2008, Aarestrup *et al.*, 1999; Serrano *et al.*, 2009). I litteraturen finn ein mange døme på at klekkerismolt og smolt med oppdrettsbakgrunn har større dødstal enn frittlevande fisk i sjøfasen (Piggins & Mills 1985, Hansen & Jonsson 1989, Jonsson *et al.*, 1991, Crozier & Kennedy 1993, Saltveit 1997, Serrano *et al.*, 2009). Jonsson *et al.*, (1991) fann at dødstala til klekkerismolt var det doble av dødstala til frittlevande smolt av den same populasjonen av Atlantisk laks under sjøfasen.

Effektiviteten av kultiveringstiltaket i Lærdalselva har aldri vore grundig evaluert. Ei første tilnærming til å evaluere dette vart søkt gjort ved å sjå på korleis klekkeriproduisert laksesmolt presterte samanlikna med vill laksesmolt. Sjølv om studien er basert på berre eit år, så er det tydeleg at klekkeriproduisert laksesmolt reagerer på dei same stimuli som vill laksesmolt i forhold til utvandring. Den klekkeriproduiserte fisken vandrar ikkje berre på same dato som villfisk, den syner også same mønster i forhold til at utvandring skjer i den mørke delen av døgeret. Dette viser at sjølv eit kort opphald i elva etter eit liv som klekkerifisk gjer laksen i stand til å reagere på desse stimuliane.

Klekkerismolt som står på elva i tre veker etter merking og som ikkje vandra ut før rundt 20. mai ser ut til å prestere like godt som smolt som gjekk tidleg i mai i forhold til vandringsfart både i elva og utover i fjorden.

Desse resultatane er oppsiktsvekkande og positive, då det i litteraturen er dokumentert at klekkerifisken vanlegvis har ein avvikande åtferd i forhold til villfisk. Både spiseåtferd (Sosiak *et al.*, 1979, Ruggles 1980, Piggins & Mills 1985, Jonsson 1997), antipredatoråtferd (Ruggles 1980, Piggins & Mills 1985), vandringsåtferd og "homing"-evne (Jonsson *et al.*, 1996, Ugedal *et al.*, 1998) har vist seg å vere redusert hos klekkerifisk samanlikna med frittlevande individ av laksefisk.

I dagens praksis ved Ljøsne klekkeri skjer utsett av 1-årig smolt rundt den 15. mai. Til studiet vart det sett ut fisk 29. april samanfallande med aukande vassføring. Basert på resultatet frå år 2009, tilrårer vi at utsett kan skje på eit tidlegare tidspunkt enn det som er gjeldande praksis, og helst nokre dagar i forkant av forventa vassføringsauke. Dette vil sikre at smolt som er klar til å gå i sjøen vil vandre ut. Fisk som endå ikkje er smoltifisert vil då truleg vente til neste tidspunkt med optimale miljøforhold før den vandrar ut. Ved å gjere dette ville ein få fordelt utvandringa over ei lengre periode og sikre at smolt som er klar til å vandre på eit tidleg tidspunkt også kjem seg i sjøen på eit optimalt tidspunkt og ikkje vert ståande att på elva. Det er vist i fleire studiar at ei forseinking i smoltutvandringa kan føre til redusert overleving til utvandrande smolt, og klekkerismolt av Atlantisk laks har vist seg å ha størst overleving når han vart sett ut på det tidspunktet då sjøtoleransen var størst (Staurnes *et al.*, 1993).

Resultatane på åtferd og overleving viser tydeleg at ein stor del av fisken var klar til å gå på sjøen i slutten av april. Både laksesmolt (Lysfjord & Staurnes 1998, Urke *et al.*, 2010) og auresmolt (Ugedal

et al., 1998) har utvikla sjøtoleranse ved utvandring. Arnekleiv *et al.*, (1995) rekna 3,5-4°C som kritisk temperatur for utvandring i stort antall i Stjørdalselva og argumenterte med at det i perioden 1-10 mai ikkje var utvandring sjølv om vassføringa var høg. Vidare studiar viste derimot at evna til sjøtoleranse ikkje var utvikla før rundt 14. mai og at det truleg var grunnen til at utvandringa var minimal før den tid i Stjørdalselva (Arnekleiv *et al.*, 2000).

Tidspunktet for når fisken har utvikla sjøtoleranse er ikkje kjent verken for klekkeri- eller villfisken i Lærdalselva då fysiologisk smoltstatus på fisken som vart brukt i dette forsøket ikkje vart dokumentert. Dette er uansett spørsmål som treng vidare utgreiing og det er først når ein har belyst dette at ein kan vurdere effekten ulike miljøvariablar har på utvandringstidspunkt. Uansett vil ein forvente variasjonar mellom ulike år.

Klekkeriprodusert fisk er mykje nytta i tradisjonelle vandringsstudiar, då ein i mange høve studerer system der villfiskbestanden er under re-etablering, eller vert supplert med klekkeriutsettingar. Når det gjeld vandringsåtfærd, er det tidligare vist små avvik mellom klekkeriprodusert laks og villaks i fjordvandring (Thorstad *et al.*, 2007). I dette høvet har vi gjennom å inkludere registreringar av åtfærd i elv vist at også denne kan fungere tilsynelatande bra hjå klekkerifisk. Produksjonsforholda i klekkeriet samt god timing med tidspunktet for utsetting i høve til miljøforholda sesongen 2009 kan truleg forklare dei gode prestasjonane til klekkerifisken.

5. Oppsummering

Sjølv om studien i 2009 er basert på få individ av kvar gruppe, så klarte ein likevel å dokumentere fleire markerte toppar i smoltutvandringa. Laksen har eit utvandringsvindaug som strekkjer seg frå 29. april til 24. juni, med hovudmengda av fisk på utvandring mellom 29. april til 28. mai. Klekkerifisken vandra ut 1. mai til 30. mai, og villaksen hadde omlag same utvandringmønster som klekkerifisken, sett bort frå to laksar som vandra ut 22. og 23. juni. Auren vandra ut i tidsrommet 29. april til 29. juni.

I 2009 var ein auke i vassføring den utløysande faktoren for utvandring.

Den klekkeriprodusert laksesmolten hadde eit likt utvandringmønster som vill laksesmolt i elva, og begge hadde ei kort opphaldstid i elvemunningen. Basert på estimert symjefart, brukar i laksesmolten omlag 14 dagar på å komme seg ut av Sognefjorden, noko som tilseier at hovudmengda av laksesmolt i 2009 passerte ytre del av fjorden i perioden medio mai til medio juni.

Auresmolten har ikkje den same retningsbestemte forflytninga utover mot kysten som laksen og ein stor del av aurane vart registrert på lyttebøyene i Årdals- og Lusterfjorden. Mange av aurane forflyttar seg raskt ut av Lærdalsfjorden til Gagernes, Fodnes, Urnes og Naddvik. Ingen auresmolt er registrert ved Breisnes i Aurlandsfjorden eller ved Fimreite i Sogndalsfjorden. Det er heller ikkje registrert auresmolt utanfor Balestrand-Vangsnes. Dette kan også skuldast mykje mindre tettleik av bøyer, og dermed lav dekningsgrad, både i sidefjodar og i midtre og ytre del av Sognefjorden enn kva som er tilfelle i indre del.

Studien har sikra eit godt datasett på vandringsmønsteret til Lærdalssmolten i elva og i indre og midtre del av Sognefjorden. Ein studie over fleire sesongar bør utførast for å kunne sikre eit betre grunnlag med tanke på å vurdere effekten ulike miljøvariablar kan ha på utvandringåtfærd. For å få betre data på vandringsmønster og opphaldstid i midtre og ytre del av Sognefjorden, bør ein vurdere å merke opp eit større tal fisk og etablere eit nettverk med større tettleik av lyttebøyer i denne delen av fjorden.

Basert på prestasjonane til den klekkeriproduserte fisken så vil denne være godt eigna for vidare studium av til dømes sjøoverleving og effekten av ulike pressfaktorar i marint miljø. Metodikken som er brukt i denne studien vil såleis være godt eigna til dette dersom ein merker eit større tal på fisk på eit tidlegare tidspunkt. Erfaringar frå andre elvar viser at dette ikkje skal ha vesentleg innverknad på merketapet så lenge ein er rimeleg trygg på at det er pre-smolt som vert merka. Dette vil sikre at ein kan få eit meir heilskapleg bilete av både utvandringstidspunkt og ikkje minst vandringsmønster i ytre del av Sognefjorden der ein skulle forvente moglege negative effektar av lakselus.

6. Referansar

Aarestrup, K., Jepsen, N., Rasmussen, G. and Økland, F. 1999. Movements of two strains of radio tagged Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts through a reservoir. Fisheries Management and Ecology 6: 97-107.

Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Johansen, S.W., Haug, A. og Bongard, T. 1995. Fiskebiologiske referanseundersøkelser i Stjørdalvassdraget 1990-1994, i samband med Meråkerutbygginga. Vitenskapsmuseet, NTNU, Rapport Zoologisk Serie 1995-5: 1-86.

Arnekleiv, J. V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J. og Urke, H. A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. Del 1. Vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. Vitenskapsmuseet, NTNU, Rapport Zoologisk Serie 2000-3: 1-91

Arnekleiv, J. V., Rønning, L., Koksvik, J. Kjærstad, G., Alfredsen, K. Berg, O. K og Finstad, A.G. 2007. Ferskvannsbioologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-2006. Faglig oppsummering: Kraftverksregulering, bunndyr, drivfauna, ungfisk og smolt. Vitenskapsmuseet, NTNU. Rapport zoologisk serie 2007-1. LFI rapport nr 129.

Baglinere, J. L. 1976. The downstream activity of the smolts in the Elle river, Normandie. Ann. Hydrobiol. 7(2): 159-177.

Boeuf, G. 1993. Salmonid smolting: a pre-adaption to the oceanic environment. In "Fish Ecophysiology" Rankin, J. C. and Jensen, F. B. (eds), pp. 105-135. Chapman & Hall, London.

Bremset, G., Helland, I.P. og Uglem, I. 2009. Konsekvenser av gruvevirksomhet i Engebøfjellet for laksefisk i Nausta, Grytelva og Stølselva., Temarapport i KU- program knyttet til planer om rutilutvinning ved Førdefjorden. NINA rapport 416 69 sider.

Bystriansky JS, Richards JG, Schulte PM, Ballantyne JS .2006. Reciprocal expression of gill Na⁺/K⁺-ATPase α -subunit isoforms α 1a and α 1b during seawater acclimation of three salmonid fishes that vary in their salinity tolerance. J. Exp Biol 209:1874–1882

Crozier, W. W. and Kennedy, G. J. A. 1993. Marine survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from the River Bush, Northern Ireland. In "Salmon in the sea and new enhancement strategies" Mills, D. (ed). Fishing News Books, Blackwell, Oxford.

Davidson, J. G., Plantalech Manel-La, N., Økland, F., Diserud, O.H., Thorstad, E.B., Finstad, B., Sivertsgård, R., McKinley and Rikardsen, A. 2008. Changes in swimming depths of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts relative to light intensity. Journal of Fish Biology 73, 1065–1074. doi:10.1111/j.1095-8649.2008.02004.x,

Direktoratet for naturforvaltning. 2009. Bestandsutvikling hos sjørøret og forslag til forvaltningstiltak. Notat 2009- 1. 28s.

Djordjevic, B., Kristensen, T., Øverli, Ø., Rosseland, B.O. and Kiessling, A. 2009. Technical and biological description of a tank system for nutritional studies using permanent implanted cannulas in free-swimming fish. Fish Physiology and Biochemistry. DOI 10.1007/s10695-009-9362-2

Finstad, B., Økland, F., Thorstad, E.B., Bjørn, P.A. and McKinley, R.S. 2005. Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. Journal of Fish Biology 66: 86–96.

Fofonoff, P., and Millard, R.C. Jr .1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science No. 44, 53 pp.

Gabrielsen, S-E., Barlaup, B.T., Skoglund, H., Gladsø, J.A., Mo, T.A. og Sættem, L.M. 2004. Fiskebiologiske undersøkelser av Lærdalselva høsten 2003- Sammenfatning av ungfisktettheter av laks og aure i perioden 1991-2003. LFI rapport nr 128, ISSN-0801-9576. 34 s.

Hagen, A., Kjøsnes, A., Høgberget, R., Hytterød, S., Olstad, K., Garmo, Ø. og Hindar, A. 2010. Smittebegrensende behandling med aluminiumsulfat (ALS) mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Lærdalselva 2009. NIVA rapport 5943, ISBN: 978-82-577-5678-9. 35 s.

Hansen, L. P. 1993. Movement and migration of salmon at sea. In Mills, D. (ed) "Salmon in the sea and new enhancement strategies". Fishing News Books. Blackwell, Oxford.

- Hansen, L. P. and Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa; effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. *Aquaculture* 82: 367-373.
- Hedger, R.D., Martin, F., Hatin, D., Caron, F., Whoriskey, F.G. and Dodson, J.J. 2008. active migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* smolt through a coastal embayment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 355: 235-246.
- Hembre B., J. Arnekleiv and J. L'Abée-Lund. 2001. Effects of water discharge and temperature on the seaward migration of anadromous brown trout, *Salmo trutta*, smolts. *Ecology of Freshwater Fish* 10:61-64.
- Hoar, W. S. 1988. The physiology of smolting salmonides. In "Fish physiology" Hoar, W. S. and Randall, D. J. (eds). Academic Press, New York. XIB: 275-343.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. and Heggberget, T. G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research* 70:38-48.
- Hvidsten, N.A., Heggberget, T.G. and Jensen, A.J. 1998. Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 74: 79–86.
- Johnsson, J. I., Petersson, E., Jønsson, E., Bjørnsson, B. Th. and Järvi, T. 1996. Domestication and growth hormone alter growth patterns and anti-predator behaviour in juvenile brown trout *Salmo trutta*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 1546-1554.
- Jonsson, B. 1997. A review of ecological and behavioural interactions between cultured and wild Atlantic salmon. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1031-1039.
- Jonsson, B. and Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, smolts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 42: 593-595.
- Jonsson, B., Jonsson, N. and Hansen, L. P. 1991. Differences in life history and migratory behaviour between wild and hatchery-reared Atlantic salmon in nature. *Aquaculture* 98: 67-78.
- Kiessling A., Dosanjh B., Higgs D., Deacon G. & Rowshandeli N. 1995. Dorsal aorta cannulation; a method to monitor changes in blood levels of astaxanthin in voluntarily feeding Atlantic salmon. *Aquaculture Nutrition* 1, 43–50.
- Kiessling A., Olsen R.E. & Buttle L. 2003. Given the same dietary inclusion Atlantic salmon, *Salmo salar* (L.) display higher blood levels of canthaxanthin than astaxanthin. *Aquaculture Nutrition* 9, 2530-262.
- Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson, B., Jonsson, B., Jonsson, N., O'Connell, M.F. and Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories *Ecology of Freshwater Fish* 12 (1): 1-59.
- Kristensen T, Åtland Å, Rosten T, Urke H. A and Rosseland B.O. 2009. Important influent-water quality parameters at freshwater production sites in two salmon producing countries. *Aquacultural Engineering* 41: 53–59
- Lacroix, G. L., McCurdy, P. & Knox, D. 2004. Migration of Atlantic salmon postsmolts in relation to habitat use in a coastal system. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 1455–1471
- Larssen, T., Kroglund, F. og Traaen, T. 2003. Oversikt over potensielt forsuringsbelastede laksebestander i Sogn og Fjordane. NIVA rapport 4661. ISBN: 82-577-4326-7. 39s
- Lysfjord, G. and Staurnes, M. 1998. Gill Na⁺K⁺-ATPase activity and hypoosmoregulatory ability of seaward migrating smolts of anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*), sea trout (*Salmo trutta*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in the Hals river, northern Norway. *Aquaculture* 168: 279-288.
- McCormick, S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. and Saunders, R. L. 1998. Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55 (Suppl. 1): 77-92.
- McDonald, D. G., Milligan, C. L., McFarlane, W. J., Croke, S., Currie, S., Hooke, B., Angus, R. B., Tufts, B. L. and Davidson, K. 1998. Condition and performance of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*): effects of rearing practices on hatchery fish and comparison with wild fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55: 1208-1219.

- Moore, A., Lacroix, G. L. and Sturlaugsson, J. 2000. Tracking Atlantic salmon postsmolts in the sea. In *The Ocean Life of Atlantic Salmon: Environmental and Biological Factors Influencing Survival* (Mills, D. D., ed.), pp. 49–64. Oxford: Fishing News Books.
- Mulcahy, D.M. 2003. Surgical implantation of transmitters into fish. *ILAR Journal* 44:4 , 295-306.
- Olsen, Y. A., Einarsdottir, I. E. and Nilssen, K. J. 1995. Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress *Aquaculture* 134:155-168.
- Piggins, D. J. and Mills, C. P. R. 1985. Comparative aspects of the biology of naturally produced and hatchery-reared Atlantic salmon smolts (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 45: 321-333.
- Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* No 952. Ix + 39p.
- Saksgård, L.M., Heggberget, T.G., Jensen, A.J. & Hvidsten, N.A. 1992. Utbyggingen av Altaelva– virkninger på laksebestanden. *NINA Forskningsrapport* 34: 1-98.
- Saltveit, S. J. 1997. The effects of stocking Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Norwegian rivers. In "Stocking and introduction of fish" Cowx, I. G. (ed.). Fishing News Books. pp. 22-33.
- Serrano, I., Rivinoja, P., Karlsson, L., Larsson, S. 2009. Riverine and early marine survival of stocked salmon smolts, *Salmo salar* L., descending the Testebo River, Sweden. *Fisheries Management and Ecology* 16(5) 386-394.
- Sosiak, A. J., Randall, R. G. and McKenzie, A. J. 1979. Feeding by hatchery-reared and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in streams. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 36: 1408-1412.
- Staurnes, M., Lysfjord, G., Hansen, L. P. and Heggberget, T. G. 1993. Recapture rate of hatchery reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) related to smolt development and time of release. *Aquaculture* 91: 327-337.
- Thorstad, E., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgaard, R., Plantalech, N., Bjørn, P.A. and McKinley, R. S. 2007. Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts *Hydrobiologia* 582:99–107.
- Ugedal, O., Finstad, B., Damsgaard, B. and Mortensen, A. 1998. Seawater tolerance and downstream migration i hatchery-reared and wild brown trout. *Aquaculture* 168: 395-405.
- Urke H. A., Koksvik, J., Kristensen, T., Arnekleiv, J. V., Hindar, K. and Kroglund, F. 2010. Seawater tolerance in Atlantic salmon, *Salmo salar* L., brown trout, *Salmo trutta* L., and *S. salar* × *S. trutta* hybrids smolt. *Fish Physiology and Biochemistry*. 36:845–853. DOI: 10.1007/s10695-009-9359-x
- Wedemeyer, G. A. 1996. *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall.
- Zydlewski, G.B., Haro, A. and McCormick, S.D. 2005. Evidence for cumulative temperature as an initiating and terminating factor in downstream migratory behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 68-78.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

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