VANDRING HOS POSTSMOLT AV LAKS I BOKNAFJORDEN 2020

Status for første året

Ørjan Karlsen, Rune Nilsen, Agnes Marie Mohn og Rosa Maria Serra-Llinares (HI)



RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN NR. 2020-49

Tittel (norsk og engelsk):

Vandring hos postsmolt av laks i Boknafjorden 2020

Migration of Atlantic salmon postsmolts in Boknafjorden 2020

Undertittel (norsk og engelsk):

Status for første året

Preliminary investigations

Rapportserie: **År - Nr.:** **Dato:**

Rapport fra Havforskningen 2020-49 16.12.2020

ISSN:1893-4536

Forfatter(e):

Ørjan Karlsen, Rune Nilsen, Agnes Marie Mohn og Rosa Maria Serra-Llinares (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): *Geir Lasse Taranger* Programleder(e): *Terje Svåsand*

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

14650

Oppdragsgiver(e):

Mattilsynet, Rogaland Fylkeskommune

Oppdragsgivers referanse:

Mattilsynets OK program 56827, Rogaland fylkeskommune Regionalplan sjøareal havbruk tilsagn 414/20

Program:

Akvakultur

Forskningsgruppe(r):

Reproduksjon og utviklingsbiologi

Smittespredning og sykdom

Antall sider:

16

Sammendrag (norsk):

For å kartlegge utvandringsperiode og vandring til smolt gjennom Boknafjorden ble laksesmolt fra Dirdalselven (N=48) i Høgsfjorden og Vikadalselven (N=23) i Vindafjord fanget og merket med akustiske merker. Fisken i Dirdalselven ble merket mellom 18. april – 1. mai, i Vikadalselven 22. april. Smoltens utvandring fra elvene og deres vandring i Boknafjorden ble undersøkt ved å sette ut lyttebøyer som registrerer lydsignalet fra de akustiske merkene.

Halvparten av fisken hadde vandret ut 22. og 19. mai for henholdsvis Dirdals og Vikadalselven. Utvandringen fra Dirdalselven var spredt over en lang tidsperiode (29. april – 5. juni), men høyest antall vandret ut 4.-5. og 20.-23. mai. Utvandringen fra Vikadalselven var konsentrert til tidsrommet 12.-23. mai, med størst utvandring 21.-23. mai.

I Dirdalselven startet 25 fisk vandringen, 8 av disse er registrert på en av de ytterste bøyene. De fleste av disse svømte ut Byfjorden eller Mastrasundet. I Vikadalselven startet 16 fisk vandringen, men bare 4 ble registrert i ytterst i Vindafjorden. 3 av disse svømte videre utover på nordsiden av Boknafjorden, og 1 av disse ble videre registrert på en av de ytterste bøyene. Fisken holdt seg nær overflaten under utvandringen fra begge elvene.

I snitt hadde fisken fra Dirdalselven en progresjonshastighet utover Høgsfjorden med 1,03 km/time, og derfra til Byfjorden med 0,28 km/time, totalt har de brukt ca. 4-5 døgn på vandringen fra elv til Byfjorden. Progresjonshastigheten til fisken fra Vikadalselven var mye lavere i starten av vandringen, hvor de hadde en progresjonshastighet på 0,18 km/time til ute i Vindafjorden, men deretter svømte de med 0,46 km/time frem til lyttebøyene ved Nedstrand. I snitt har de brukt i underkant av 5 døgn fra elv til bøyene ved Nedstrand.

Sammendrag (engelsk):

In order to determine the timing of outmigration and the swimming route of Atlantic salmon postsmolts in Boknafjorden, smolts were captured and tagged in Dirdalsriver (N=48) in Høgsfjorden and Vikadalsriver (N=23) in Vindafjord using acoustic tags. Smolts in the Dirdalsriver were captured and tagged April 18.- May 1., in the Vikadalsriver April 22. The outmigration and migration through Boknafjorden were investigated by positioning receivers (bouys) in the fjord that register the acoustic signal from the tags.

Median time of outmigration was May 22, and May 19. For smolts from Dirdals- and Vikadalsriver, respectively. The outmigration from Dirdalsriver was protracted, first fish registered April 29, while the last was registered June 5. Highest numbers were registered May 4-5, and May 20-23. The outmigration from Vikadalsriver was more compress, lasting between May12-23, with highest numbers outmigrating May 21-23.

Of the tagged fish, 25 started the migration, 8 of these were registered on one of the outermost buoys. Most of the fish migrated through Byfjorden or Mastrasundet. Of the tagged fish in Vikadalsriver, 16 started migration, but only 4 was register in the outer part of Vindafjorden. Of these, 3 migrated outwards on the northern side of Boknafjorden, and one of these were registered on one of the outermost buoys. The fish from both rivers swam usually shallower than 1.5 m during the migration.

The mean progression speed for the postsmolts from Dirdalsriver through Høgsfjorden was 1.03 km/hr, and from there to Byfjorden with 0.28 km/hr. In total the fish used 4-5 days from the river outlet to Byfjorden. The progression speed for the fish from Vikadalsriver was much slower in the first part of the migration, with a mean progression speed of 0.18 km/hr from the river outlet to the outer part of Vindafjord. Thereafter they migrated with a progression speed of 0.46 km/hr till the buoys positioned at Nedstrand. In total, the mean time use from the river outlet to the buoys at Nedstrand was nearly 5 days.

Innhold

1 Introduksjon 5

2 Materiale og Metode 6

2.1 Områdebeskrivelse 6

2.2 Utlegg av lyttebøyer 6

2.3 Merking av fisk 7

2.4 Hydrografiske data 7

2.5 Dataanalyse 8

3 Resultater 9

3.1 Utvandring 9

3.2 Vandring i fjorden 9

3.3 Dybdebruk 11

3.4 Progresjonshastighet 11

4 Diskusjon 12

5 Referanser 15

1 - Introduksjon

Veksten til havbruksnæringen er per i dag styrt av effekten lakselus fra oppdrett har på vill laksefisk, hvor effekten på utvandrende vill postsmolt av laks er vektlagt.

Den raske økningen i oppdrett av laks har medført ett økt smittepress for vill laksefisk i områder med intensivt lakseoppdrett. Å holde smittepresset av lakselus på ett akseptabelt nivå for vill laksefisk er nå styrende for muligheten oppdrettsnæringen har til å vokse (det såkalte Trafikklyssystemet). I vurderingen av hva som er akseptabelt miljøbelastning fra oppdrett vurderes blant annet dødeligheten til utvandrende postsmolt laks, hvor grensene er satt slik at om en antar at < 10 % av populasjonen dør pga. lakselus gis det anledning til vekst, mellom 10 og 30 % er en fryssituasjon, mens ved > 30% dødelighet må næringen redusere produksjonen. For å sikre fremtidig miljømessig bærekraftig vekst slik regjeringen har lagt opp til, må dødeligheten på utvandrende laks derfor holdes lavere enn 10%.

Vurderingen av status i ett produksjonsområde gjort av ekspertgruppen for Trafikklyssystemet (Vollset mfl. 2019) er basert på naturvitenskapelige metoder. Til grunn for ekspertgruppens vurdering av status ligger det inne fysiske overvåkingsdata, data fra oppdrett, estimert utslipp av lus, estimert tetthet av lakselus i tid og rom, og virtuelle smoltmodeller. Pr. i dag informeres ekspertgruppen av slike (men litt ulike) virtuelle smoltmodeller fra Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet og SINTEF. Dette er datamodeller som kobler en beregnet tetthet av smittsomme lakselus med en vandringsmodell for utvandrende laks. I disse modellene inngår utvandringstider, form på utvandring, vandringsrute og progresjonshastighet. Per i dag antar vandringsmodellene at den utvandrende postsmolten vandrer korteste rute fra elv til hav (SINTEF har en litt mer avansert tilnærming), og det gis en fast svømmehastighet.

I hvilken grad laks smittes av lakselus både i modellen og virkeligheten er derfor avhengig av hvor den vandrer, hvor lenge den er eksponert for lakselus, og tettheten av lakselus i laksens vandringsrute. Avvik fra denne forutbestemte vandringsruten kan ha vesentlig betydning for estimatene på smitte, og derav estimert lakselusrelatert dødelighet.

I handlingsprogrammet til Rogaland fylkeskommune, regionalplan sjøareal havbruk er kartlegging av vandringsruter til villaksen ett av tiltakene under satsingsområdet kunnskapsproduksjon, da dette vil legge til rette for kunnskapsbasert arealplanlegging, akvakulturforvalting og en bærekraftig utvikling av havbruksnæringen.

Målet med forsøket er derfor å kartlegge utvandring, vandringsrute og progresjonshastighet for smolt fra to elver i Boknafjordsystemet, Dirdals- og Vikadalselven. For å gjøre dette ble smolt merket med akustiske merker i elvene, og deres utvandring, vandringsrute og progresjonshastighet ble undersøkt ved å plassere ut lyttebøyer i elven, i elveutløpet, og strategisk i Boknafjorden.

Prosjektet er finansiert av Mattilsynets OK program 56827 lakselus, Rogaland fylkeskommune gjennom Regionalplan sjøareal havbruk og Havforskningsinstituttet (prosjekt 14650 – Overvåking av lakselus). Vi vil rette en stor takk til Knut Ståle Eriksen (NJFF) og lokale elveeiere for lokalkunnskap, hjelp med fangst av smolt og gjennomføring av forsøket.

2 - Materiale og Metode

I korthet er metoden basert på at laksesmolt fanges relativt kort tid før utvandringen starter, merkes med merker som sender ut lydsignaler før de settes ut igjen omtrent på samme sted de ble fanget. Lydsignalene fra merkene oppfattes av lyttebøyer som er strategisk posisjonert i utløpet av elv (for å bestemme når fisken utvandret) og i fjorden for å kunnen spore vandringsrute ut gjennom fjorden, samt beregne progresjonshastighet og dødelighet i de ulike delene av fjorden. I 2020 ble smolt merket i Dirdals- og Vikadalselven. Forsøket vil gjentas 2021, da med ett større antall merket fisk i hver av elvene.

2.1 - Områdebeskrivelse

Boknafjorden er et utypisk Norsk fjordsystem i den sørvestligste delen av landet. Den består av et bredt ytre fjordbasseng med flere større øyer. Videre innover forgreiner fjorden seg inn i flere smale og dype fjordarmer som blant annet Lysefjorden, Jøsenfjorden, Sandsfjorden og Vindafjorden. Kompleksiteten i Boknafjordsystemet gir utvandrende laksefisk flere alternative vandringsruter med potensielt ulik risiko for påslag av lakselus. Det er registrert 17 vassdrag med laksebestander som drenerer ut i Boknafjordsystemet. Av disse har Suldalslågen den største laksebestanden, etterfulgt av Espedalselva, Årdalselva og Vikadalselva.

Dirdalselva og Vikadalselva ble valgt til dette studiet på grunn av flere kriterier. En ønsket en geografisk spredning mellom sør og nord i Boknafjordsystemet. I tillegg måtte vassdragene ha en håndterbar størrelse til både fangst av fisk samt utplassering av lyttebøye til registrering av utvandringstid.

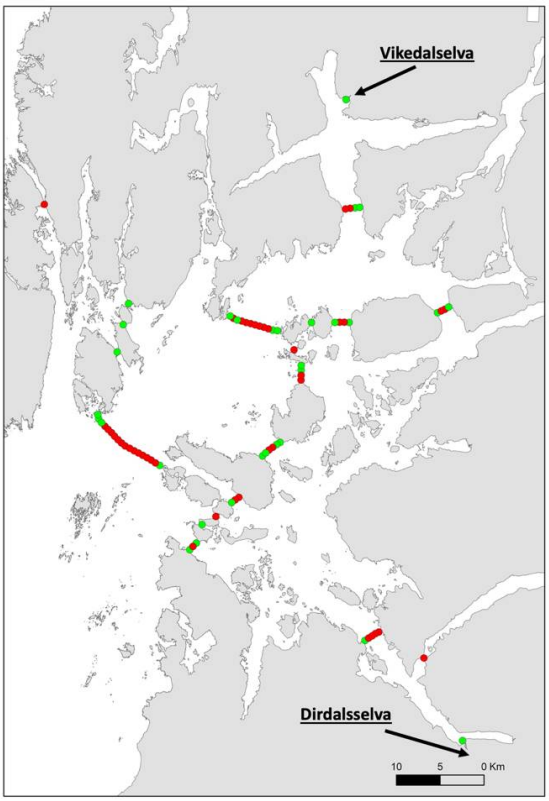
Dirdalselva i den sørlige delen av Boknafjordsystemet renner ut i Høgsfjorden ved Dirdal i Gjesdal kommune. Elva har en middelvannføring på 11,7 m^3/s fra et nedslagsfelt på omtrent 158 km^2. Vassdraget har en anadrom strekning på 8,5 km og et gytebestandsmål for laks på 310 kg hunnfisk. Dette gir en teoretisk produksjon på i underkant av 20.000 smolt. Median utvandringstid for laks i Dirdalselva er beregnet til 14. mai (Nilsen mfl. 2017).

Vikedalselva i den nordlige delen av Boknafjordsystemet renner ut ved Vikedal i Vindafjorden i Vindafjord kommune. Elva har en middelvannføring på 9 m^3/s fra et nedslagsfelt på omtrent 119 km^2. Vassdraget består av flere større innsjøer, men det anadrome strekket er på omtrent 10 km mellom Vikedal og Låkafoss. Gytebestandsmålet for Vikedalselva er på 736 kg hunnfisk. Dette gir en teoretisk produksjon på vel 32.000 smolt. Median utvandringstid for Vikedalselva er 14. mai (Nilsen mfl. 2017)

2.2 - Utlegg av lyttebøyer

Det ble satt ut 75 lyttebøyer (Vemco VR2Tx eller VR2AR) for å dekke alle utvandringsveier gjennom og ut av Boknafjorden (Figur 1). I tillegg ble det plassert lyttebøyer i Dirdals- og Vikadalselven. 13 av lyttebøyene er ikke gjenfunnet. Det vil gjøres nye søk etter disse i 2021, og gjenfinnes disse vil dette kunne påvirke resultatene.

Lyttebøyene er passive hydrofoner som lytter etter kodede lydsignaler på 69 KHz fra små sendere på merket fisk. Lyttebøyene lagrer informasjon om fiskens ID, tid/dato og eventuell annen informasjon fra senderen. Det er ikke gjort spesifikk test av rekkevidde på lydsignalet i dette studiet, men tilsvarende sendere har gitt en sikker rekkevidde på minst 200 m ved lignende studier (Hardanger, Balsfjord).



Figur 1. Posisjonering av lyttebøyene i Boknafjorden 2020. Røde punkt indikerer nedsenkede utlegg og grønne punkt indikerer utlegg med blåse i overflaten. Omtrentlig utløp for Vikedalselva og Dirdalselva er markert med pil i kartet.

2.3 - Merking av fisk

Fisk i begge elvene ble forsøkt fanget i forkant av forventet utvandring. Det ble brukt både smoltruse og elektrisk fiskeapparat til fangsten. De fleste individer ble fanget med el-fiskeapparat. Fangsten ble gjort på flere steder i den nedre delen av det lakseførende strekket av vassdraget. All fangst ble transportert skånsomt til en merkestasjon ved elvebredden. Fisk ble holdt inntil 12 timer i romslige oppbevaringsenheter i elva i påvente av merking. Før videre håndtering ble fisken bedøvd med Benzoak VET (15-20 ml/100 l vann). Når fisken var tilstrekkelig bedøvd ble det målt lengde og vekt, samt tatt en vevsprøve av halefinnen til genetiske analyser. Den akustiske senderen (merket) ble deretter plassert i bukhulen på fisken gjennom et snitt, og deretter lukket med sutur (1-2 sting). Etter merking ble fisken observert i et oppbevaringskar til allmenntilstanden ble vurdert som god. Fisken ble deretter sluppet tilbake i elva.

Merkene benyttet var av typen Vemco V7-4L/V7P-4L, halvparten med dybdesensor (V7P). Merkene er 7 mm diameter, 22 (V7) eller 24 (V7P) mm lange, veier 1,7 g i luft, 0,9 g i vann, og har en sendestyrke på 137 (dB re 1 uPa @ 1m). Estimert rekkevidde er ca. 200 m, estimert batterivarighet er 181 dager.

2.4 - Hydrografiske data

Temperaturen i elven ble logget på lyttebøyene plassert i elv, samt at data for vannføring er hentet fra NVE. NVE mangler data for vassdragsområde 29-34, og ettersom Dirdalselva er i vassdrag nr. 30, betyr det at avrenningsdataene er klimatologi, og ikke spesielt egnet for formålet.

For Vikadalselva, som ligger i vassdrag 38, er det beregnete, mer eller mindre realistiske avrenningsdata (HBV modelldata). NVE har et målestasjons-nett, og basert på ulike stasjonsdata, så setter de sammen tidsserier med avrenning for hele vassdrag. Vassdragets avrenning er fordelt i alle hovedelvene innen vassdraget med utgangspunkt i

nedbørsarealet.

2.5 - Dataanalyse

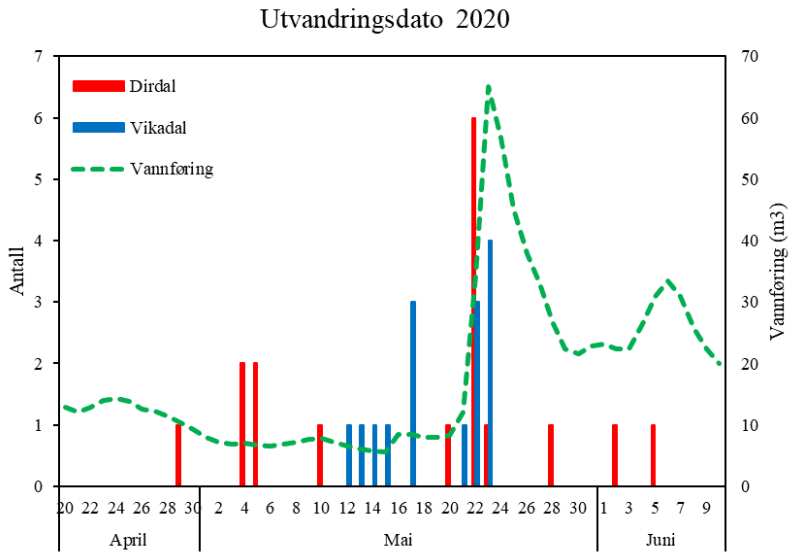
Utvandringstid er estimert fra siste deteksjon i elv (Vikadalselva), eller første deteksjon i sjø (Dirdalselva, lyttebøyen i elven er ikke gjenfunnet).

Vandringsmønster er beskrevet som % av fisk som er registrert på minst en lyttebøye. Vandringshastighet er beregnet som tiden fra siste deteksjon på bøyen den forlater til første deteksjon i bøyen den kommer til. Avstanden er korteste avstand mellom bøyene.

3 - Resultater

3.1 - Utvandring

Antall fisk som kan analyseres er lavt, og en skal derfor være forsiktig med å trekke for bastante konklusjoner. I Dirdalselven ble første fisk registrert 29. april, siste 5. juni (Figur 2). Utvandringen var spredt over en lang tidsperiode, men høyest antall vandret ut 4.-5. og 20.-23. mai. Median tid for utvandring er 22. mai. Av de 7 fiskene som er registret i Høgsfjorden men ikke på lyttebøyen er 2 trolig utvandret 4-7. mai, de øvrige 5 rundt 21-22. mai. I Vikadalselven var utvandringen konsentrert til tidsrommet 12.-23. mai, med størst utvandring 21.-23. mai. Median tid for utvandring er 19. mai.



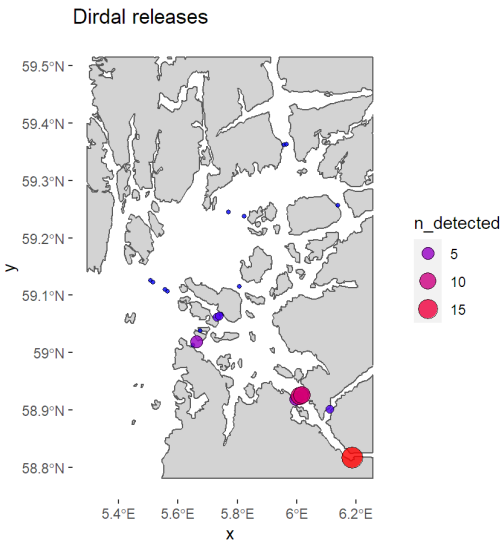
Figur 2. Utvandringsdato for akustisk merket laksesmolt fra Dirdals (røde søyler) og Vikadalselven (bål såyler) 2020, samt vannføringsdata fra Vikadalselven (grønn stiplet linje).

3.2 - Vandring i fjorden

Dirdalselva

Av de 25 som ble registrert i Høgsfjorden ble 17 registrert utenfor elven. 2 fisk vandret inn og ut av Lysefjorden. Det er ingen fisk som registrert i Boknafjorden som ikke er registrert ut av Høgsfjorden. Fra Høgsfjorden til en av sonene utenfor, har 4 vandret ut Byfjorden, 1 Soknasundet, ingen Askjesundet, og 3 i Mastrafjorden, ingen har vandret ut mellom Finnøy og Ombo, mens en har vandret Ombofjorden (Figur 3, individuelle fisk er vist i Figur 6).

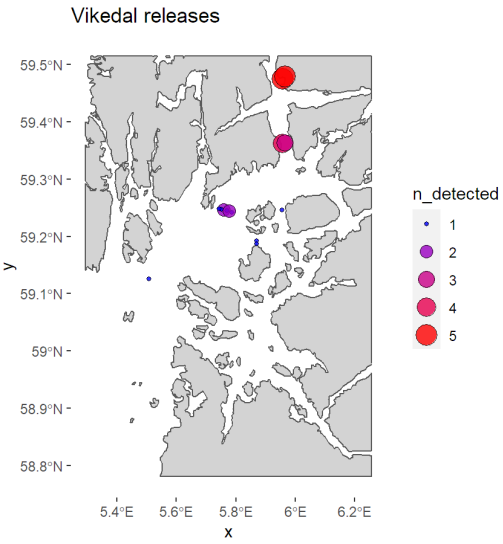
Flest laks har vandret på vestsiden (Byfjorden 4, Mastrafjorden 3), mens to har vandret lengre øst (Talgjefjorden 1, Ombofjorden 1). Det totale antall som er registret å ha forlatt Boknafjorden er minst 6 av totalt 25 registret ut av elven (Figur 3).



Figur 3. Antall fisk merket i Dirdalselven detektert på de ulike bøyene. Blått punkt indikerer én deteksjon.

Vikadalselv

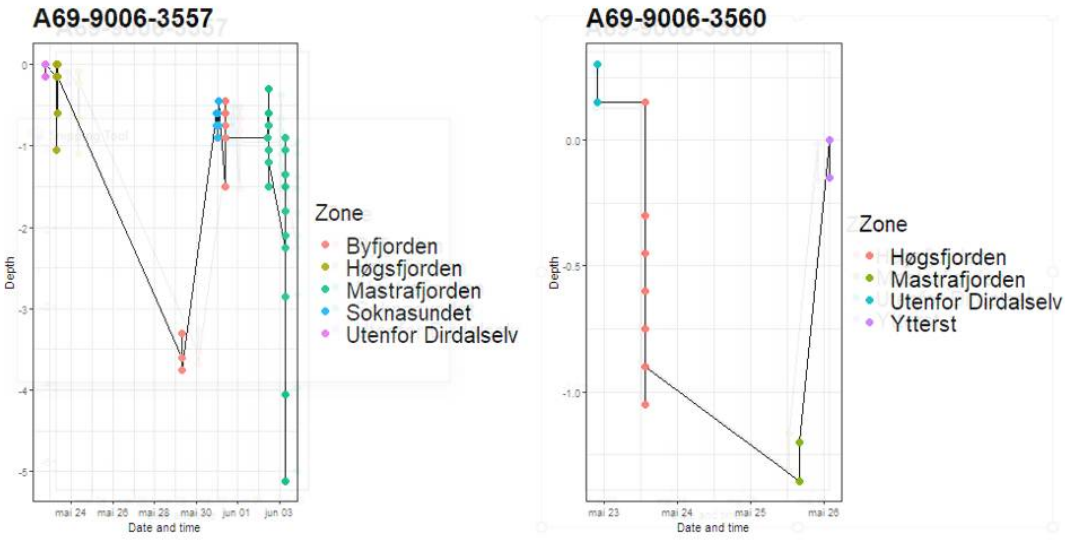
Av de 23 merkede fiskene ble 16 registret i utløpet, 14 rett utenfor, mens 4 av disse er registrert på senere bøyer (Figur 4, individuelle fisk er vist i Figur 7). Det er ingen fisk som er registrert på bøyer lengre ute i fjorden som ikke er registrert på bøyen i utløpet. Dette kan indikere en dødelighet fra elv til ute i Vindafjorden på 12 av 16 fisk. Av de 4 som vandret ut svømte 3 av dem på nordsiden, mens den siste ble registret i Vestre Ombofjorden og mellom Finnøy og Helgøy, men ikke senere. Bare en fisk ble registrert på de ytterste bøyene, den svømte på nordsiden.



Figur 4. Antall fisk merket i Vikadalselva detektert på de ulike bøyene. Blått punkt indikerer en deteksjon.

3.3 - Dybdebruk

12 av fiskene detektert utenfor Dirdalselven hadde dybdesensor, 15 av dem fra Vikadalselven. Fisken fra begge elvene holdt seg stort sett grunnere enn 1 m, men hadde noen dypere dykk (maks 5 m) (Figur 5).



Figur 5. Eksempel på dybdeprofil for 2 laksesmolt med dybdesensor. Hvert punkt representerer en avlesing av dybde.

3.4 - Progresjonshastighet

Fisken fra Dirdalselven har bruk i overkant av 15 timer ut til Høgsfjorden, og har brukt nesten 3,5 døgn derfra til Byfjorden (Tabell 1). Laksen fra Vikedalselva har brukt nesten 3 døgn ut til Vindafjord, og i underkant av 2 døgn derfra til bøyene ved Nedstrand.

Tabell 1: Median tid (timer:minutter, samt minste og største) den akustisk merkede laksen har brukt mellom de ulike posisjonene (jfr. Figur 1), korteste sjøavstand mellom disse, og antall analysert for hver av disse. Snitt hastighet (km/døgn) er inkludert.

	Distanse (km)	Antall	Median	Minste	Største	Hastighet
Dirdalselv – Høgsfjorden	15,9	18	15:20	07:16	134:22	1,03
Høgsfjorden – Byfjorden	23,0	5	82:19	31:26	142:58	0,28
Vikedalselv – Vindafjord	13,1	4	71:34	31:15	97:09	0,18
Vindafjord – Nedstrand	20,0	3	43:16	18:54	73:09	0,46

4 - Diskusjon

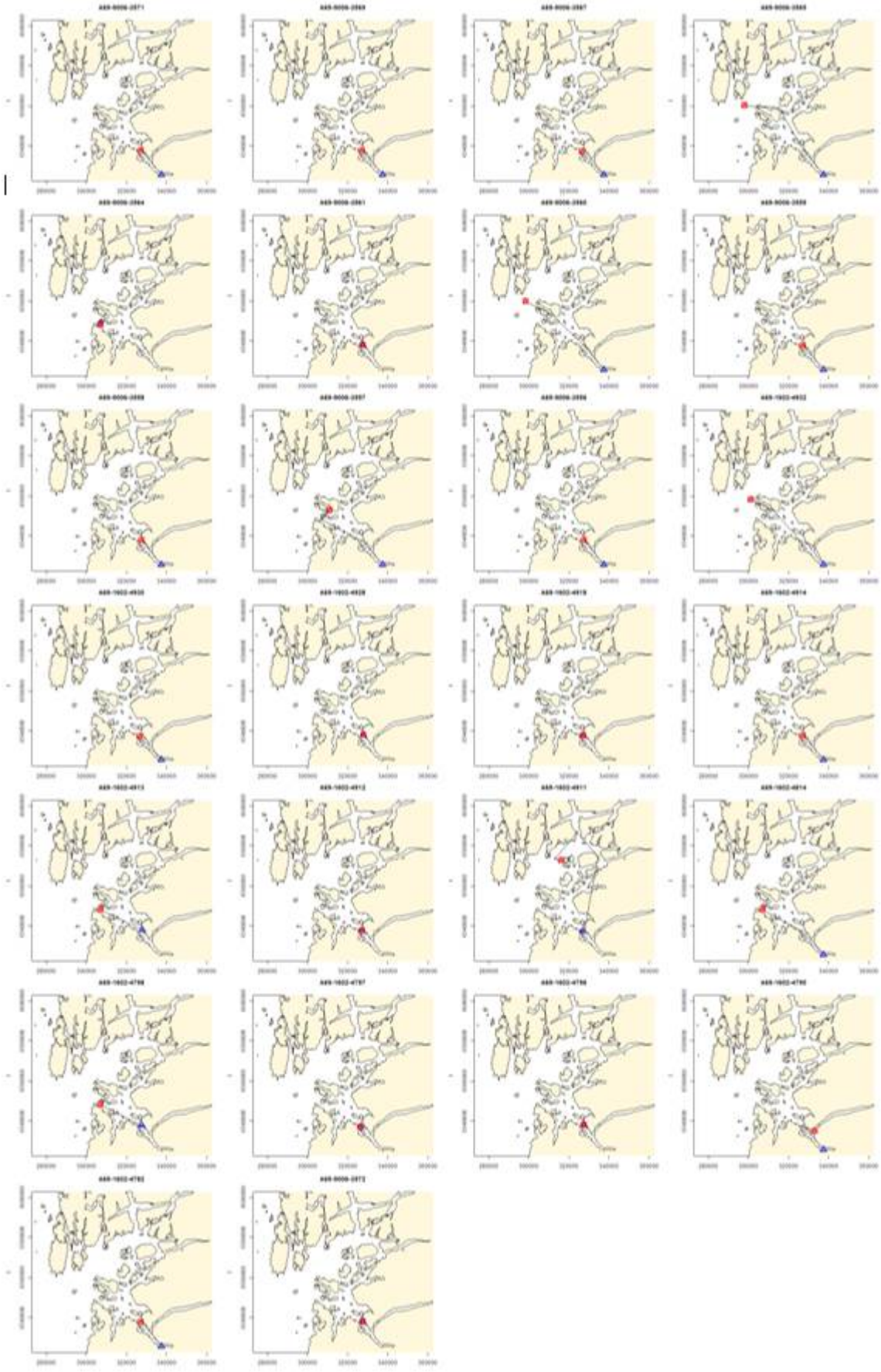
Utvandringen for akustisk merket laks fra Dirdals- og Vikadalselven var noe ulik. For begge elvene utvandret det største antallet i tidsrommet 21.-23. mai For Dirdalselven var det i tillegg en del fisk som vandret 2-3 uker tidligere, 4.-5. mai. Vannføringsdata fra Vikadalselva er tilgjengelig, og de viser en kraftig økning i vannføring fra 21. mai, og selv om det har vandret noe fisk før dette, kan det indikere at fisken har utvandret på økende vannføring. Vi vil gjøre oppmerksom på at antall fisk er noe lavt, samt at bare de største av smoltene kunne merkes. Dataene skal derfor tolkes med varsomhet. Data fra Imsa som renner ut i Høgsfjorden indikerte at mellomårlig variasjon i start av migreringen (definert som 5% av utvandringen) varierte mellom 18. april til 11. mai for årene 1977-2010 (Jonsson & Jonsson, 2014). For denne elven er det tidligere vist at temperaturen, og ikke vannføringen, påvirker tid på året fisken utvandrer om våren (Jonsson & Ruud-Hansen, 1985). Det må derfor innhentes data over flere år for å kartlegge både utvandringstider, og hva som styrer denne.

Dødeligheten varierte i elvene etter merking, i Dirdalselven er 26 av 48 (54%) registrert i fjorden, mens i Vikadalselven er 17 av 23 (74%) registret. Av de fra Dirdalselven er 8 laks (31% av de som startet vandringen) antatt å forlate fjorden (registrert på en av de ytterste bøyene). Overlevelsen er derfor minst 31% i dette forsøket. Minst da ikke alle lyttebøyene er gjenfunnet, og fisk kan derfor ha passert området uten å bli detektert. Av de 17 som ble detektert påbegynt vandringen fra Vikadalselven, ble 5 (29%) fisk detektert i Vindafjorden, men bare én (6 %) av de som startet vandringen ble detektert på en av de ytterste bøyene. Overlevelsen er derfor minst 6 % i dette forsøket. At dødeligheten er høyest i den tidlige fasen av fjordvandringen er som forventet (Thorstad mfl. 2012), og knyttes til predasjon fra fisk, fugler og pattedyr. Den lave overlevelsen til fisk fra Vikadalselven var uventet (1 av 17 ble registrert ut av fjorden), og det bør vurderes å sette opp flere lyttebøyer i Vindafjorden, for å avklare vandringsmønsteret og overlevelsen i den tidlige fasen av fjordmigreringen. Overlevelsen til fisk fra Dirdalselven var mer som forventet basert på tidligere telemetristudier.

Fisken har stort sett holdt seg nær overflaten (< 1,5 m dybde) i hele utvandringsruten, selv om det er detektert noen få litt dypere dykk (maks ca. 5 m). Dette er i overenstemmelse med andre forsøk med akustisk merket postsmolt av laks (Davidsen mfl. 2009, Plantalech Manel-La mfl. 2009).

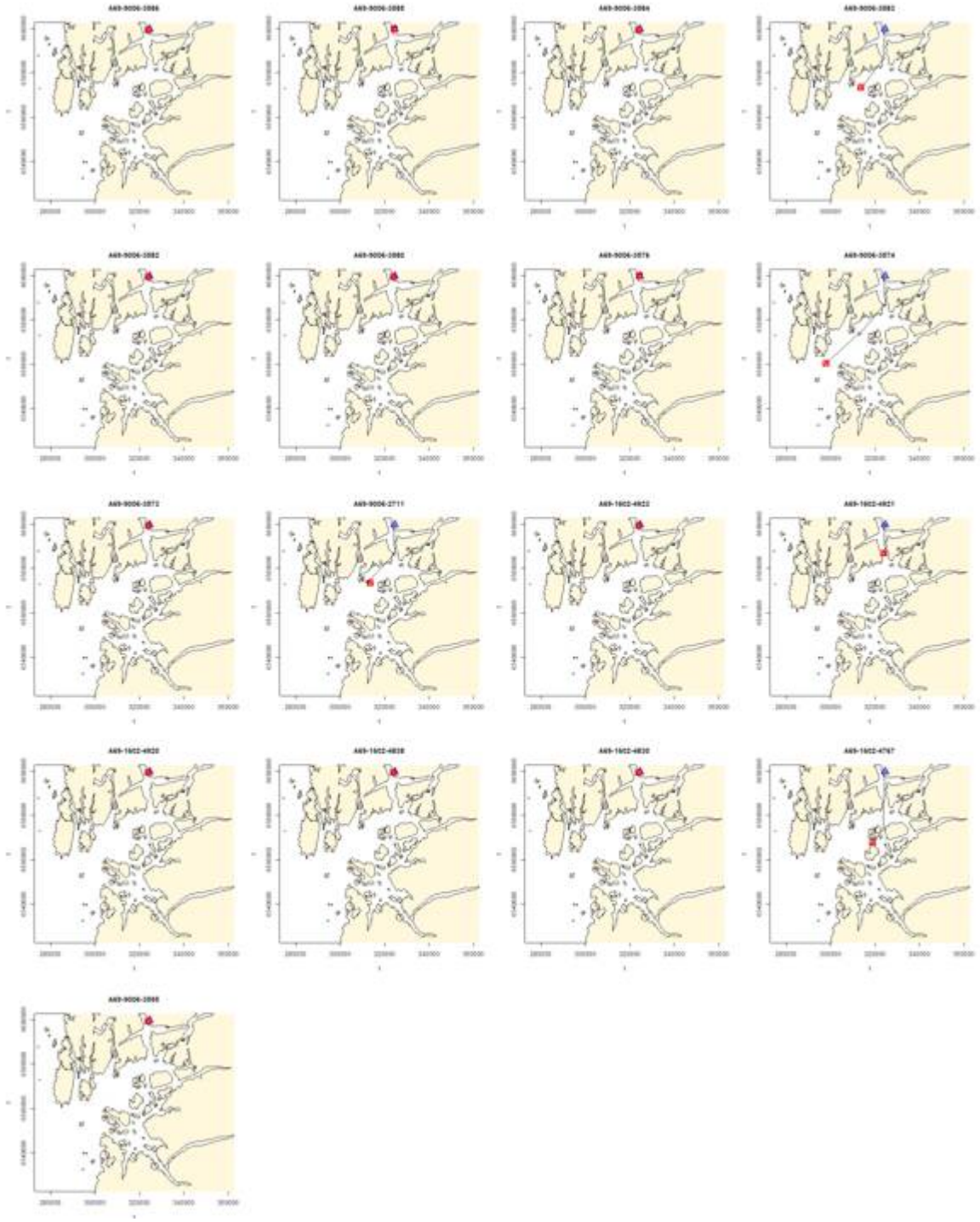
Av de 8 fra Dirdalselva som vandret ut av Boknafjorden, vandret 5 ut byfjorden og 3 gjennom Mastrafjorden. Av de 4 fra Vikadalselva som er registrert etter Vindafjorden, vandret 3 langs nordsiden, mens en vandret ned mot Sjernarøy. Det ser derfor ut til at hovedtyngden av fisken fra begge elvene har vandret ut korteste vei til utsiden av fjorden. Omregnes hastigheten fra km/time til kroppslengder (totallengde) per sekund (KL/s), har fisken fra Dirdalselven i snitt vandrer med 0,80 KL/s, fra Vikadalselven 0,56 KL/s. Progresjonshastigheten for fisken fra begge elven ligger innenfor tidligere observerte hastigheter på 0,4-3 KL/s (Thorstad mfl. 2004, Finstad mfl. 2005, Økland mfl. 2006, Davidsen mfl. 2009, Plantalech Manel-La mfl. 2009, Thorstad mfl. 2012, Urke mfl. 2013, Halttunen mfl. 2018).

I de virtuelle smoltmodellene benyttes korteste utvandringsrute fra elv til kyst (Kristoffersen mfl. 2018, Johnsen mfl. 2020). Det ser ut som at i hovedtrekk samsvarer det med observasjonene, men en andel av laks fisk vandrer lengre ruter. Dette impliserer at det bør legges inn variasjon i vandringsrutene. Årsakene til at en laks velger vandringsrute er dårlig kartlagt, og forsøket bør følges opp med ett større antall fisk for å se om resultatene står seg over flere år, og om en kan få mer kunnskap om årsakene til vandringsmønsteret som blir observert.



Figur 6. Vandringsruter for smolt merket i Dirdalselven. Hver figur viser 1 fisk. Første registrering er markert med blå trekant, siste

med rød firkant.



Figur 7. Vandringsruter for smolt merket i Vikadalselven. Hver figur viser 1 fisk. Første registrering er markert med blå trekant, siste med rød firkant.

5 - Referanser

Davidsen, 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.Finstad,

B., Økland, F., Thorstad, E.B., Bjørn, P.A. & 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.

Halttunen, E., Gjelland, K.Ø., Glover, K.A., Johnsen, I.A., Serra-Llinares, R.M., Skaala, Ø., Nilsen, R., Bjørn, P.A., Karlsen, Ø., Finstad, B. & Skilbrei, O.T. (2018). Migration of Atlantic salmon post-smolts in a fjord with high infestation pressure of salmon lice. *Marine Ecology Progress Series* 592, 243-256.

Johnsen, I.A., Harvey, A.C., Sævik, P.N., Sandvik, A.D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K.A. & Karlsen, Ø. (2020). Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon during postsmolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science* , i trykk.

Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. (1985). Water Temperature as the Primary Influence on Timing of Seaward Migrations of Atlantic Salmon (Salmo salar) Smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42, 593-595.

Jonsson, N. & Jonsson, B. (2014). Time and size at seaward migration influence the sea survival of Salmo salar. *Journal of Fish Biology* 84, 1457-1473.

Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Helgesen, K.O., Vollset, K.W., Viljugrein, H. & Jansen, P.A. (2018). Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. *Epidemics* 23, 19-33

Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A.B., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O., Vollset, K. W. & Myksvoll, M. S. (2017). Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2016 og 2017. *Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning* .

Plantalech Manel-La, N., Thorstad, E.B., Davidsen, J.G., Økland, F., Sivertsgård, R., McKinley, R.S. & Finstad, B. (2009). Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16, 147-154.

Thorstad, E.B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgård, R., Bjørn, P.A. & McKinley, R.S. (2004). Migration speeds and orientation of Atlantic salmon and sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Environmental Biology of Fishes* 71, 305-311.

Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon Salmo salar: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology* 81, 500-542.

Urke, H., Kristensen, T., Ulvund, J.B. & Alfredsen, J.A. (2013). Riverine and fjord migration of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 20, 544-552.

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Helgesen, K.O., Karlsen, Ø., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, Qviller, L., O., Dalvin, S. 2019. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2019. *Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.* https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/nfd/dokumenter/rapporter/ekspertgruppe-rapport_2019.pdf

Økland, F., Thorstad, E.B., Finstad, B., Sivertsgård, R., Plantalech, N., Jepsen, N. & McKinley, R.S. (2006). Swimming speeds and orientation of wild Atlantic salmon post-smolts during the first stage of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 13, 271-274.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes
5817 Bergen
E-post: post@hi.no
www.hi.no