



Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

2019

ISSN 2535-2806

MINA fagrapport 61

Vandringsmønster hjå laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva i 2018

Thronn Oddvar Haugen
Henning Andre Urke
Torstein Kristensen



Haugen, T.O., Urke, H.A. & Kristensen, T. 2019. **Vandringsmønster hjå laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva i 2018.** - MINA fagrapport 61. 37 s.

Ås, august 2019

ISSN: 2535-2806

RETTSHAVAR

© Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet (NMBU)
Publikasjonen kan siterast fritt med referanse til kjelde

TILGJENGE

Open

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRA AV

Reidar Borgstrøm, MINA, NMBU
Forskningsutvalet, MINA, NMBU

OPPDRAKSGJEVARAR

Stryn Elveeigarlag
Eid Elveeigarlag
Blom Fiskeoppdrett AS
Nordfjord laks AS
K. Strømmen Lakseoppdrett AS
Mowi AS
Nordfjord Forsøksstasjon AS
Coast Seafood AS
Noregs Forskningsråd

FRAMSIDEBILDE

Laksesmolt frå Eidselva. Foto: Henning Andre Urke

NØKKEWORD

Åkustisk telemetri, akvakultur, laks, smoltutvandring, vandringsåtferd, overleving

KEY WORDS

Acoustic telemetry, aquaculture, Atlantic salmon, smolt migration, migration behaviour, survival

Thron O. Haugen (thrond.haugen@nmbu.no), Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Postboks 5003 NMBU, NO-1432 Ås.

Henning A. Urke (henning.urke@inaq.no) og Torstein Kristensen (tristensen@gmail.com), INAQ AS, Brattørkaia 15 B, NO-7462 Trondheim.

Innhald

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Abstract | 5 |
| 2 | Samandrag | 6 |
| 3 | Innleiing | 7 |
| 3.1 | Målsetjingar..... | 7 |
| 4 | Metodikk | 8 |
| 4.1 | Områdeskildring..... | 8 |
| 4.1.1 | Eidselva..... | 8 |
| 4.1.2 | Stryneelva | 8 |
| 4.1.3 | Nordfjord..... | 9 |
| 4.2 | Innsamling og akustisk merking av fisk..... | 9 |
| 4.3 | Stasjonsnett med passive lyttbøyer..... | 9 |
| 4.4 | Vassføring og -temperatur..... | 11 |
| 4.5 | Vertikalprofilar for salinitet og temperatur i fjorden | 11 |
| 4.6 | Kvantitative analysar..... | 11 |
| 4.6.1 | Generell statistikk for samanlikning av gruppeeffektar og miljøeffektar | 11 |
| 4.6.2 | Merking-attfangstanalysar: overlevings- og observasjonssannsyn..... | 16 |
| 5 | Resultat | 17 |
| 5.1 | Utvandringstidspunkt | 17 |
| 5.2 | Fjordvandring | 22 |
| 5.2.1 | Vandringsfart og opphaldstid i ulike delar av Nordfjorden | 22 |
| 5.2.2 | Djupnebruk | 26 |
| 5.2.3 | Estimert overleving i ulike delar av utvandringsruta..... | 28 |
| 6 | Diskusjon | 32 |
| 6.1 | Metodikk og datakvalitet..... | 32 |
| 6.2 | Vandring og overleving..... | 33 |
| 6.2.1 | Utvandringstidspunkt..... | 33 |
| 6.2.2 | Opphaldstid og framdrift i fjordsystemet..... | 33 |
| 7 | Konklusjonar | 34 |
| 8 | Nytteverdi | 34 |
| 9 | Referansar | 35 |

Forord

I KLAFF prosjektet som starta opp i 2017 vart det gjort ei kartlegging av vandringsmønster til laks og aure frå Stryneelva ved bruk av akustisk fisketeleometri. I 2018 vart prosjektet utvida ved å inkludere laks og aure frå Eidselva. Rapporteringa i denne omgang tek føre seg prestasjonar til laksesmolten som vart akustisk merka våren 2018. Rapporten legg vekt på dokumentering for desse to systema og set i liten grad desse observasjonane opp mot andre studiar og system.

Vi takkar spesielt Eid Elveigarlag, Eid Sportsfiskarlag og Stryn Elveigarlag for samarbeidet så langt, og vi vil takke Knut Løvdal Stauri, Endre Hjelle og Alfred Bjørlo for bistand i feltarbeid og tilrettelegging av fasilitetar i vassdraga. Alle oppdrettsaktørane har ytt bistand med tilsyn av lyttebøyer og innhenting av data. Utan denne innsatsen hadde ikkje prosjektet latt seg gjennomføre. Vi takkar vidare Jarle Molvær for samanstilling av vertikalprofilar for temperatur og salinitet. John Birger Ulvund, Karsten Hårsaker, Helge Bjerck, Gaute Kjærstad, Eskil Bendiksen, Rune O. Holm, Benjamin Eilertsen, Rune Lunde, Vidar T. Rygg, Bjarne Rygg, Sol Taklo, Per Otto Hjertenes og Knut Alfredsen skal alle ha stor takk for hjelp under feltarbeidet.

Prosjektet er finansiert av Noregs forskningsråd, Blom Fiskeoppdrett, AS, Coast Seafood AS, Nordfjord Laks AS, Nordfjord Forsøksstasjon AS, K. Strømmen Lakseoppdrett AS og Mowi AS. Selstad AS har tilgodesett prosjektet med flot og tauverk. INAQ og NMBU har bidratt med akustiske mottakarar.

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Havforskningsinstituttet har vore observatørar. Vi vonar at prosjektet så langt har gjeve resultat som har auka kunnskapsgrunnlaget til gagn for laks og aure i framtida. Resultata vart presentert i prosjektmøte den 11. august 2018 i Stryn. Rapportering av materialet på akustisk merka sjøaure og fleire detaljerte analysar på laksesmolten vil gjerast på eit seinare tidspunkt. To masterstudentar frå NMBU er våren 2019 kopla på prosjektet.

Ås/Trondheim 3.7.2019

Thronnd Oddvar Haugen og Henning Andre Urke
NMBU og INAQ AS

1 Abstract

A study of migration timing and marine migration behaviour of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts/post-smolts was conducted using acoustic telemetry in the rivers Stryneelva and Eidselva and the adjacent fjord system (Nordfjord), Western Norway. During April 2018, 32 and 65 salmon smolt individuals from Stryneelva and Eidselva were captured (electric fishing) and tagged with acoustic transmitters. In total, 78 % and 89 % of the tagged salmon were recorded as migrants (i.e., in the estuary and beyond), respectively.

The tagged salmon post smolts displayed a bimodal sea-sojourn migration distribution, with a 2-3 week period separating the two migration peaks, in both populations. The median migration date was almost the same in the two systems; May 12 and May 8 in Stryneelva Eidselva, respectively. Once migration commenced, the tagged smolt moved rapidly through the estuary and westwards to the coast, using on average 6.9 (Stryneelva) and 3.0 (Eidselva) days to reach the outer fjord areas. A sequential Cormack-Jolly-Seber model revealed no distinct survival bottleneck areas along the migration route.

Residence time in the middle and outer fjord areas, presumed to be the major impact area of aquaculture in terms of sea lice infection pressure, was short (mean \pm SD: 6,9 \pm 6,3 days (Stryneelva) and 3,0 \pm 1,2 days (Eidselva)) and earlier (during May) in spring for most individuals than assumed in the sea lice infection risk model used by Norwegian salmon management authorities.

This study has provided novel knowledge about the migratory behaviour of salmon smolt from Stryneelva and Eidselva rivers. The results show that a large fraction of the salmon smolt) migrated to the outer fjord areas two weeks earlier than previously thought and used as guidance for both smolt-sea lice monitoring and for assessment of sea lice infection pressure from local aquaculture industry.

2 Samandrag

Kartlegging av utvandringstidspunkt og marin åtferd til smolt av laks vart undersøkt ved hjelp av akustisk fisketeleometri i Stryneelva og Eidselva i Nordfjord sesongen 2018. I april 2018 vart totalt 32 og 65 presmolt av laks frå Stryneelva og Eidselva akustisk merka, der høvesvis 78 % og 91 % av fisken vart registrert etter utsett og 63 % og 89 % vart registrert på fjordbøyene (dvs. lengre ute enn utosen). Framdrifta var høvesvis $0,98 \pm 0,33$ (\pm SE) og $0,75 \pm 0,15$ kroppslenger/sek.

Laksesmolten gjekk hovudsakleg ut frå vassdraga i to markerte periodar frå byrjinga på mai (med topp 5–6. mai) og ein 2,5–3 veker seinare. Både vassføringa i seg sjølv og vassføringsauke saman med vassstemperatur såg ut til å vere dei utløyssande faktorane for utvandringa til laksesmolten i både Stryneelva og Eidselva. Ein generalisert lineær modell som forklarar 67 % av utvandringssvariasjonen vart tilpassa for prediksjon av utvandringssforløpet.

I 2018 var median utvandringstidspunkt 12. mai for laksesmolt frå Stryneelva og 8. mai for laksesmolten frå Eidselva. Median utvandringstidspunkt for laksesmolt frå både Stryneelva og Eidselva er i trafikklysregimet sett til 21. mai (estimert).

Den gjennomsnittlege utvandringstida (\pm SD) for heile utvandringssruta i fjorden (dvs frå smolten forlèt utos til han forlèt den ytre sona) var $6,9 \pm 6,3$ dagar for Strynesmolten og $3,0 \pm 1,2$ dagar for Eidselvsmolten. Dei kilometerspesifikke overlevingsestimata frå den utvalde CJS-modellen hjå den merka laksesmolten synte at det ikkje er tydelege dramatiske flaskehalsar nokon stad under utvandringa.

Prosjektet har skaffa ny og konkret kunnskap om vandringsåtferda til vill laksesmolt frå to nasjonale laksevassdrag i Nordfjord. Ein har fått kunnskap om når det ideelt sett burde vere minimalt med infektive lakseluslarvar i Nordfjorden for redusere negative effektar på laksesmolt frå desse to nasjonale laksevassdraga i 2018.

Ekspertutvalet for trafikklysregimet nyttar tre kategoriar når kunnskapsnivå om utvandringstidspunktet til vill laksesmolt i ulike vassdrag skal vurderast, der 0 er ingen data, 1 er litt data og 2 er data over fem år. Både Stryneelva og Eidselva er gjennom KLAFF-prosjektet løfta frå kategori 0 til 1 «litt data». I tillegg er det skaffa viktig informasjon om fjordvandring og opphaldstid i ulike delar av fjordsystemet og informasjon om den saliniteten og djupna smolten vandrar i.

3 Innleiing

Både oppdrettsnæringa og elveeigarane ynskjer å få eit meir faktabasert og heilskapleg bilete av både utvandringstidspunkt og ikkje minst vandringsmønster til smolt av laks og sjøaure i ytre del av Nordfjorden, der ein skulle forvente høgst smittepress og moglege negative effektar av lakselus. Slik kunnskap vil vere viktig for å sikre større presisjon i overvakinga, og at dei tiltaka oppdrettsnæringa i Nordfjord gjennomfører for å redusere negativ påverknad på vill laksefisk er målretta og faktabaserte. Framtidig regulering av vekst/frys i oppdrettsnæringa vil bli basert på trafikklysregimet (Nilsen m. fl. 2017). Karlsen m. fl. (2016) og Nilsen m. fl. (2017) peikar på store kunnskapsmanglar i høve til vill laksefisk sin bruk av fjord og kystområda spesielt når det gjeld tidspunktet for når smolten oppheld seg i fjorden. I trafikklysregimet er starten på utvandring for laksesmolt frå både Stryneelva og Eidselva estimert til 1. mai og median utvandringstidspunkt gjeve til 21.mai (Nilsen m. fl. 2017). I 2017 var alle av dei tidlegast vandrane akustisk merka laksesmoltane frå Stryneelva ute av fjordsystemet 21. mai. For laksesmolten frå Stryneelva var det dermed smittepresset i veke 19 til 21 som var avgjerande for havbruksnæringa si direkte påverknad i 2017 (Urke m. fl. 2018). Median utvandringstidspunkt for dei laksesmoltane som kom seg ut av Nordfjorden var 9. mai i 2017.

I Stryneelva var det ynskjeleg å få gjennomført studiar over fleire år for å få meir presise estimat som fangar opp år-til-år-variasjon i utvandringstidspunkt og vandringsmønster til vill laksesmolt i fjorden. Samstundes var det ynskjeleg å skaffe slik kunnskap for andre viktige laksevassdrag i regionen, der slik kunnskap i dag er fråverande. Dette medførte at laks og aure frå det nasjonale laksevassdraget Eidselva vart inkludert i 2018. Eidselva ligg i midtre del av Nordfjorden og kunnskap om vandringsmønsteret til laksesmolt frå denne bestanden, samanlikna med laksesmolt frå Stryneelva vil vere av stor interesse å få kartlagt. Akustisk telemetri er ein teknologi som er mykje nytta i granskingar av fiskevandringar i vassdrag-, fjord- og kystsystem. Gjennom å merke fisk med akustiske sendarar, og utplassere eit nettverk av passive lyttbøyer som fangar opp signal frå sendarane, vil individuelle fisk kunne identifiserast og plasserast i tid og rom. Akustisk telemetri fungerer både i ferskvatn og sjøvatn, og er difor ein særskilt god metode for kartlegging av heile elve- og fjordvandringa hjå smolten.

3.1 Målsetjingar

Dei overordna måla for prosjektet har vore å auke kunnskapen om kva tidsrom laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva opptrer i marint miljø.

Ut frå dette er følgjande delmål spesifisert:

- Kartleggje utvandringstidspunkt til laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva og miljøvariablar som styrer dette.
- Dokumentere vandringsmønsteret til vill laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva ut til ytre del av Nordfjorden; framkomst- og opphaldstid i ulike delar av fjorden.
- Få på plass kunnskap om når det bør vere minimalt med infektive lakseluslarvar i Nordfjorden med omsyn til å redusere negative effektar på laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva.

4 Metodikk

4.1 Områdeskildring

Både Eidselva og Stryneelva er nasjonale laksevasdrag, og dei inste delane av sjølve Nordfjorden og Eidsfjorden er nasjonale laksefjordar. Målsetjinga med dei nasjonale laksevasdraga og fjordane er å bygge oppatt laksebestandane til ein storleik og samansetjing som sikrar mangfald og utnyttar produksjonsmoglegheitene til arten.

4.1.1 Eidselva

Eidselva 089.Z renn frå Hornindalsvatnet (52 moh.) i Eid kommune og munnar ut i sjøen ved Nordfjordeid. Elva er omlag 10 km og det totale elvearealet ca. 350.000 m². Vassdraget har eit nedbørfelt på 422 km² og ein middelvassføring på 25,9 m³/s. Vassdraget er påverka av vassdragsregulering der 20 km² av det høgtliggjande feltet til Hornløla er overført til anna vassdrag. Hornindalsvatnet er med ei overflate på 50,4 km² den største innsjøen på Vestlandet. Vatnet ligg mellom den delen av vassdraget som er regulert og Eidselva (Urdal m fl 2003).

Vassdraget har eit gytebestandsmål på 763 kg hofisk. I Lakseregisteret er bestandstilstand laks kategorisert som svært god/god, der rømt oppdrettslaks og lakselus er vurdert å ha moderat effekt. Bestandstilstand for auren er sett til «omsynskrevjande» der lakselus er avgjerande påverknadsfaktor. Vitskapleg råd for lakseforvaltning (Anon. 2018) sin vurdering av beskatning: «*Forvaltningsmålet er nådd for denne bestanden, og det har sannsynligvis vært et større høstbart overskudd enn det som har blitt utnyttet*». Vassdraget vart i 1973 verna mot vidare kraftutbygging i [Verneplan I for vassdrag](#).

4.1.2 Stryneelva

Strynevasdraget ligg i kommunane Stryn i Sogn og Fjordane og Skjåk i Oppland. Nedbørfeltet er på 537 km² ved utløpet i fjorden. Strynevasdraget er eit typisk brevasdrag med relativ høg vassføring om sommaren, låg vassføring om vinteren og stor sedimenttransport. Strynevasdraget har fleire elvar med utløp i Strynevatnet. Frå Strynevatnet renn Stryneelva gjennom eit flatt jordbrukslandskap ned til Stryn og ut i Innvikfjorden, inst i Nordfjorden. Middelvassføring gjennom året er 32 m³/s.

Vassdraget har eit gytebestandsmål på 1079 kg hofisk. I Lakseregisteret er tilstanden for laks vurdert til å vere «svært dårleg» der rømt oppdrettslaks og lakselus har moderat effekt, medan tilstanden for sjøaure er sett til «omsynskrevjande», og lakselus er sett på som avgjerande påverknadsfaktor for baa artane. Vitskapleg råd for lakseforvaltning (Anon. 2018) sin vurdering av beskatning: «*Forvaltningsmålet er langt fra oppnådd for denne bestanden, det har vært et svært lite eller ikke noe høstbart overskudd og bestanden bør ikke beskattes. Tiltakene som ble gjennomført i 2016 og 2017 reduserte beskatningen betraktelig og gytebestandsmålet ble sannsynligvis akkurat nådd i 2017*». Strynevasdraget er omfatta av verneplan IV frå 1993. Vernet gjeld i fyrste rekkje mot kraftutbygging, men verneverdiane skal også takast omsyn til ved andre typar inngrep.

4.1.3 Nordfjord

Nordfjord er den nordlegaste av dei tre store fjordane i Sogn og Fjordane. Han er den sjette lengste fjorden i Norge, med sine 106 kilometer. Fjorden går frå Husevågøya i vest til Loen lengst inn i landet.

4.2 Innsamling og akustisk merking av fisk

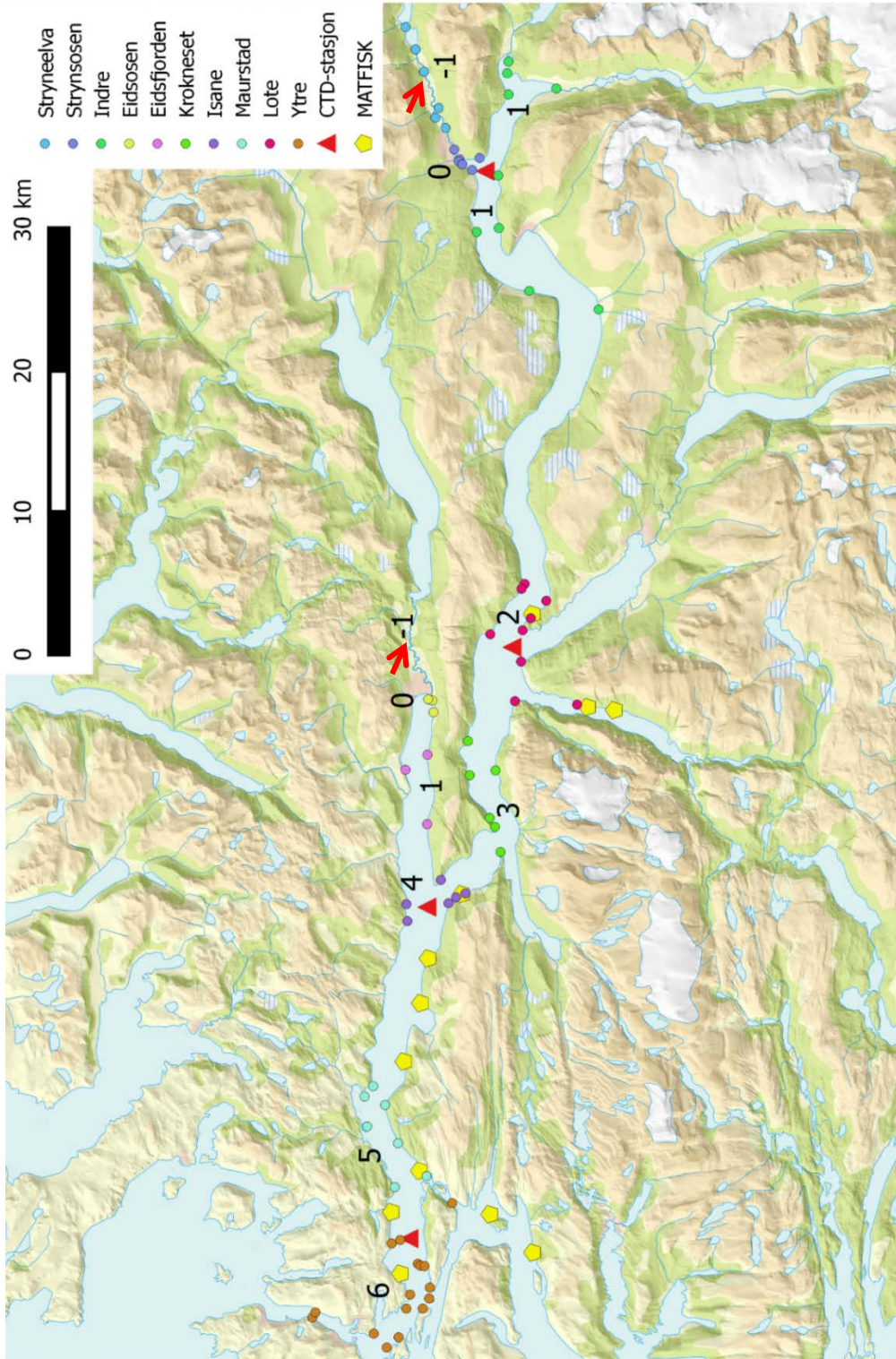
Presmolt av laks vart fanga inn med elektrisk fiskeapparat og merka med akustiske merke i perioden 20–22. april i Stryneelva og 22–24. april i Eidselva etter standard metodikk (Urke m. fl. 2013a). Innsamling av laks og aure fann stad i øvre del av Stryneelva, frå Stauri bru og oppover til Soget, og akustisk merka laks vart sett ut oppstraums Gjørvenfossen ved kulpen «Petter», sidan dei fleste vart samla inn i dette området. Elveavstand frå *Petter* til elvemunning er om lag 8,5 km. Laksesmolt i Eidselva vart samla inn i øvre del av Eidselva i området Bjørlo- Hjelle, og all smolt vart sett ut ved Bjørlo i området ved «Måløyhytta». Elveavstand frå Bjørlo til elvemunning er om lag 5,5 km.

Det vart brukt to typar akustiske merke på smolten: standard smoltmerke som sendte ut ID og eit merke med djupnesensor (0,2 m oppløysing) og ID. Merka som vart nytta vert produsert av Thelma Biotel AS (www.biotel.no). Eigenskapane til merketypane er vist i Urke m. fl. (2018). Merka er programmert til å sende ut ein unik ID-kode som identifiserer kvar einskild fisk med eit periodisk intervall på 30 til 90 sekund. Senderekkjevidda til merka avheng av dei akustiske tilhøva i vatnet kring mottakarane, og kan variere frå nokre meter opp til 200–400 m. Dei akustiske merka vart implantert gjennom å følgje ein etablert kirurgiprotokoll som skildra i Urke m. fl. (2013a; 2018). Løyve frå Mattilsynet jf. Forskrift om forsøk med dyr 18.6. 2015, § 6 og 12 (FOTS id 12002) og frå Fylkesmannen i Sogn og Fjordane (2018/96-443.1) var innhenta på førehand.

Det vart merka 32 presmolt av laks i Stryneelva og 65 presmolt av laks i Eidselva. Gjennomsnittslengda var 129 ± 11 mm og 130 ± 10 mm høvesvis for Stryneelva og Eidselva.

4.3 Stasjonsnett med passive lyttebøyer

Totalt 71 passive lyttebøyer (VR2W, Vemco: <http://vemco.com/products/vr2w-69khz/>) vart utplassert i vassdraga (Nedre del av Strynevatnet/Hornindalsvatnet og Stryneelva og Eidselva) og i fjorden utover til Husevågøy-Gangsøy og Måløy. Dei fleste bøylene har vore operative sidan april 2017, men i samband med at studien vart utvida til også inkludere laks og aure frå Eidselva vart det i april 2018 lagt ut lyttebøyer i indre del av Eidsfjorden, samt i Eidselva og Hornindalsvatnet (Figur 1). Lyttebøylene vart sett ut slik at vi i alt hadde seks mottaksområde(1–6) i fjorden og to i vassdraga (0 og –1). Mottakarane vart sist tappa 16. desember 2018, og er framleis operative.



Figur 1. Stasjonar for passive lyttbøyer og deira sonetilnknytting (og sonenummer) samt CTD-stasjonar, matfiskanlegg og utsettsstad for akustisk merka presmolt av laks (markert med raude piler) i Stryneelva og Eidselva sesongen 2018 (sjå teiknforklaringa oppe til høgre i figuren). I figuren er ikkje bøyer i sjølve Eidselva og CTD stasjon ved sone 1 i Eidsfjorden gjeve.

4.4 Vassføring og -temperatur

Vassføringsdata vart henta inn frå målestasjonen Strynsvatn NVE 88.11.0 og Hornindalsvatn NVE 89.1.0. Vassstemperatur vert registrert ved å nytte egne loggarar (Vemco Mini- Log II) som er utplassert i Stryneelva oppstrøms Gjørvenfossen og i Eidselva ved Skipenes.

4.5 Vertikalprofilar for salinitet og temperatur i fjorden

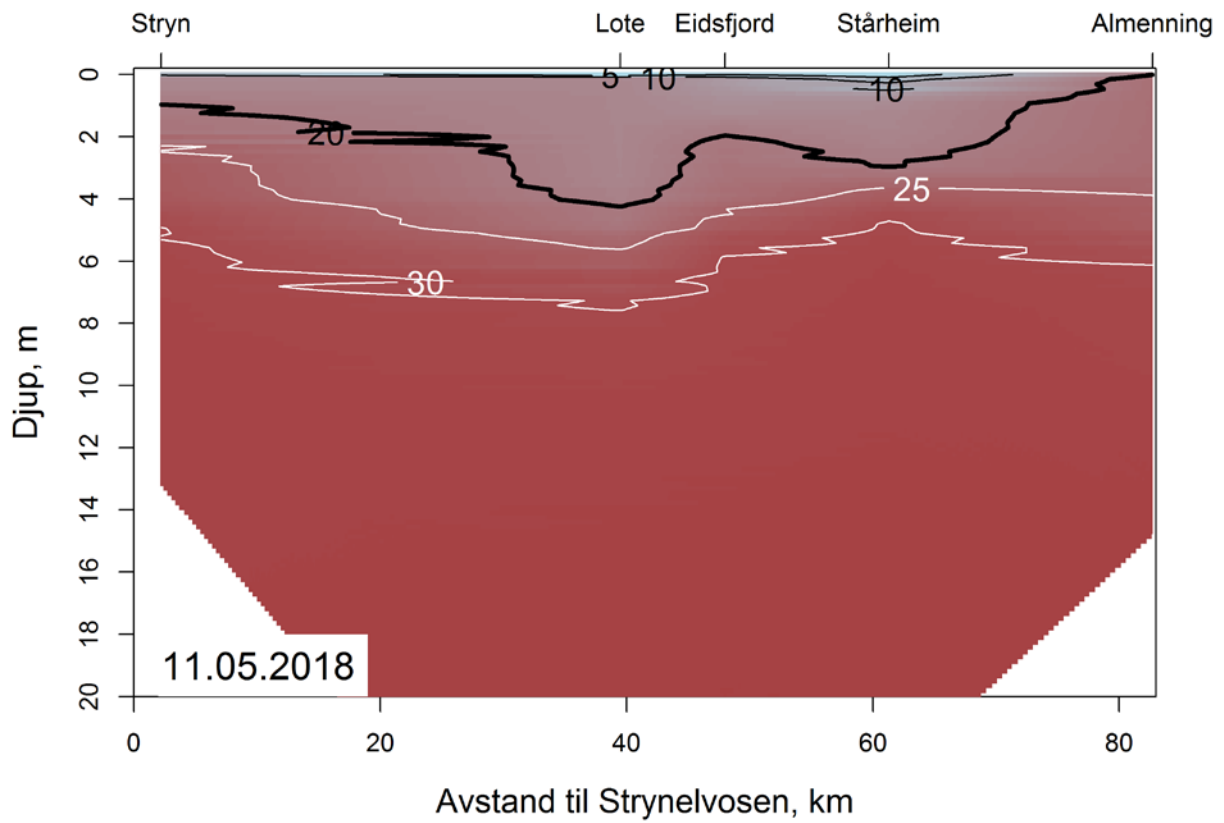
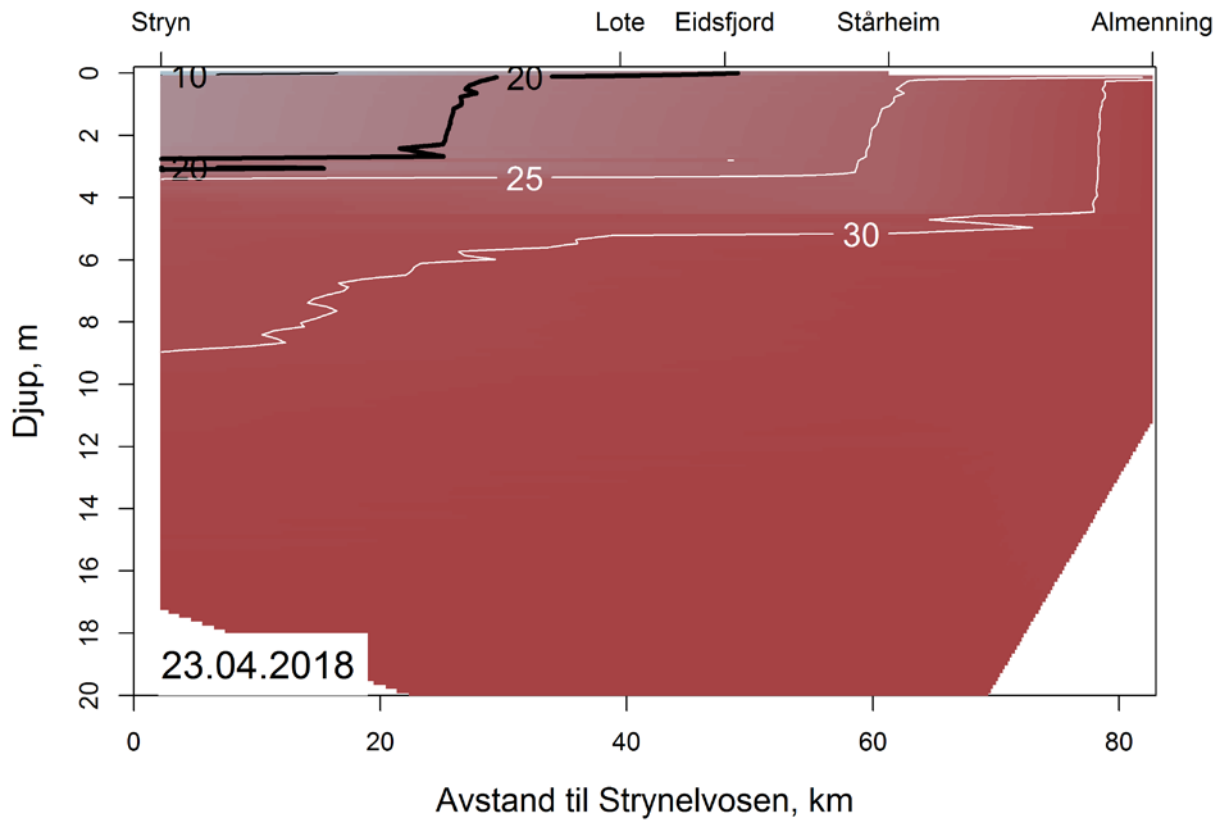
Vertikalprofilar for salinitet og temperatur vart innsamla på fire tidspunkt i 2018; 23–24. april, 10–11. mai, 17. juni og 15–16. juli på fem stasjonar i Nordfjorden frå Stryn, Lote, Isane, Eidsfjorden og utover til Allmenning (Figur 2) ved bruk av instrumentet SAIV SD204 (<http://www.saivas.no>). Den 17. juni vart det kun gjort innsamling på tre av stasjonane i midtre del av fjordsystemet (Lote, Isane og Eidsfjorden). Intrapolerte lengde- og djupneprofilar av salinitet og vassstemperaturar utover Nordfjord er høvesvis framstilt i Figur 2 og Figur 3.

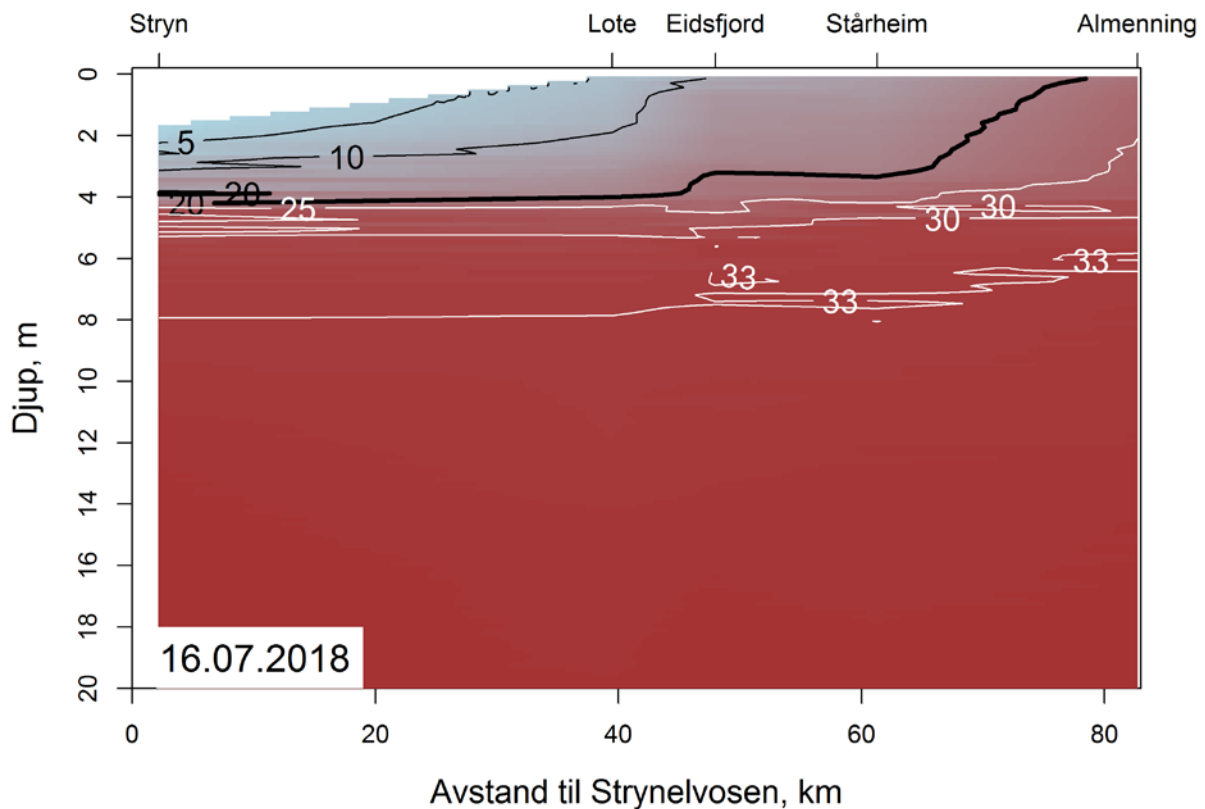
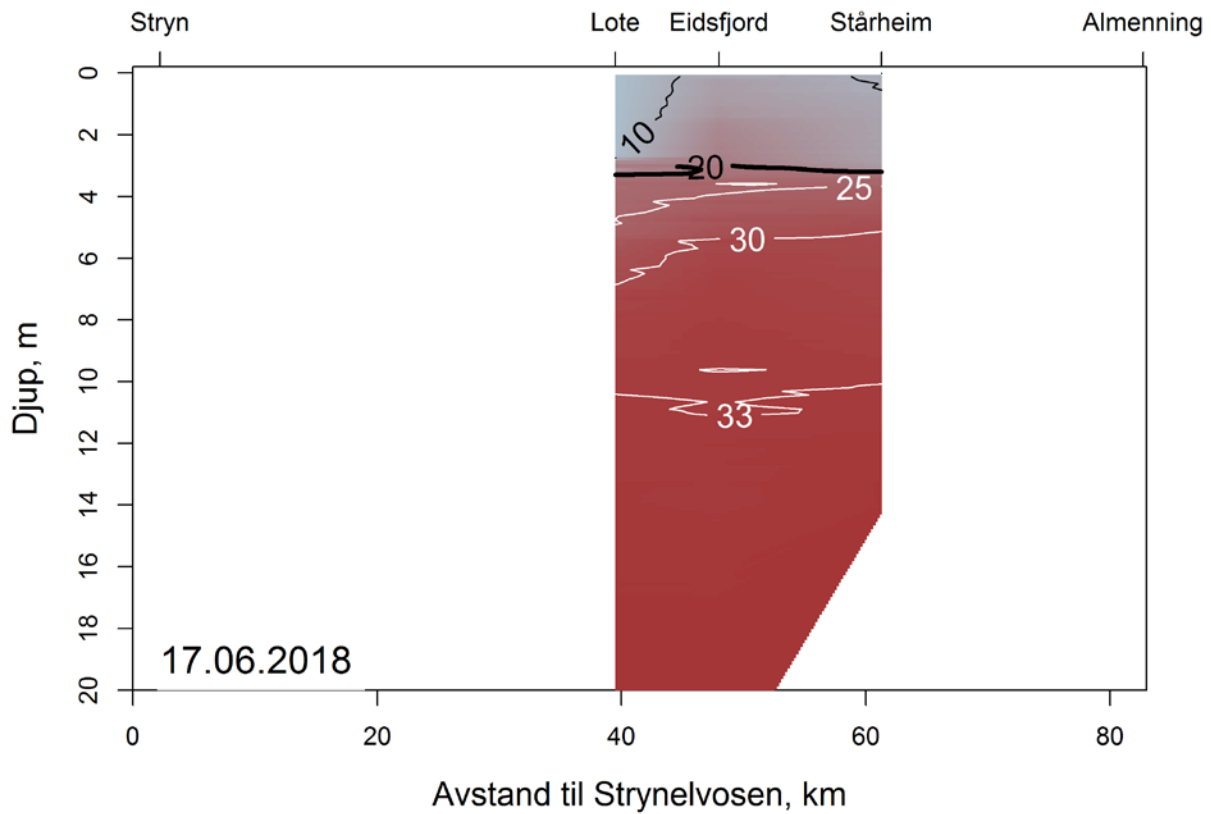
4.6 Kvantitative analysar

4.6.1 Generell statistikk for samanlikning av gruppeeffektar og miljøeffektar

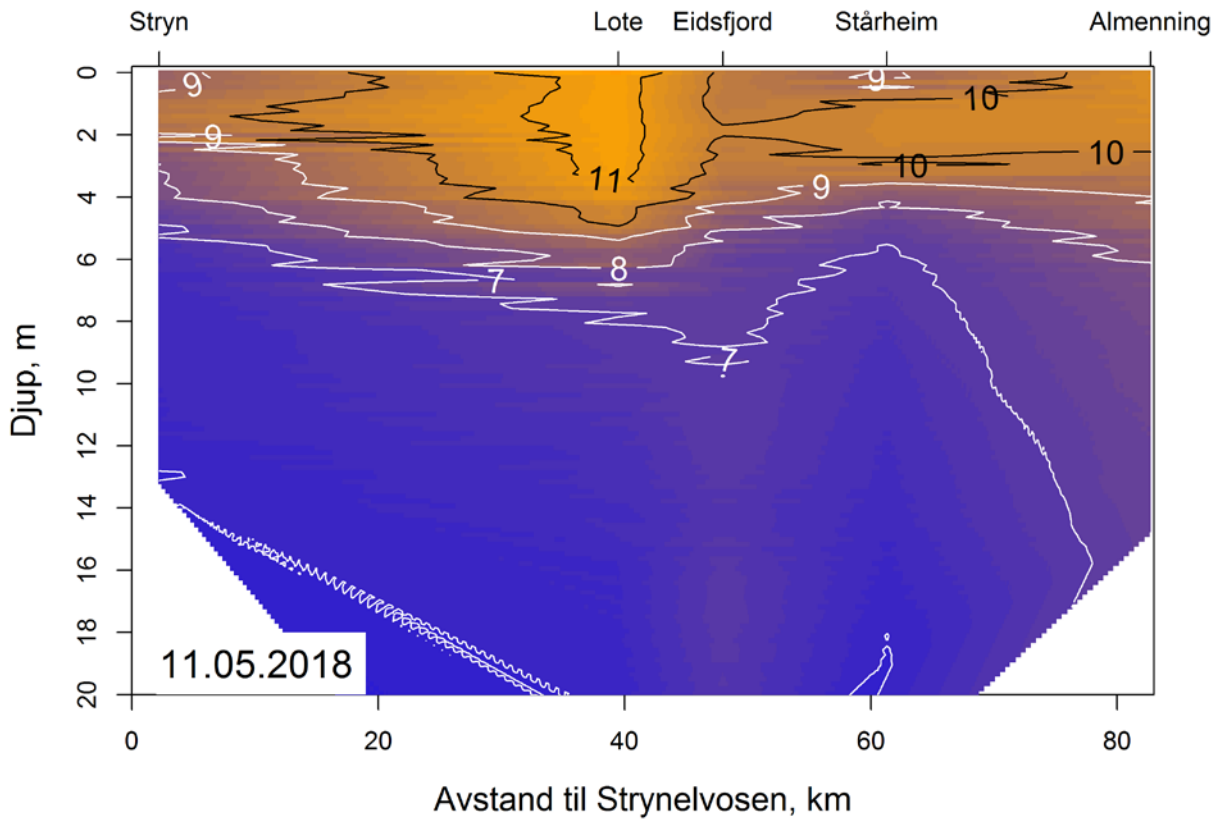
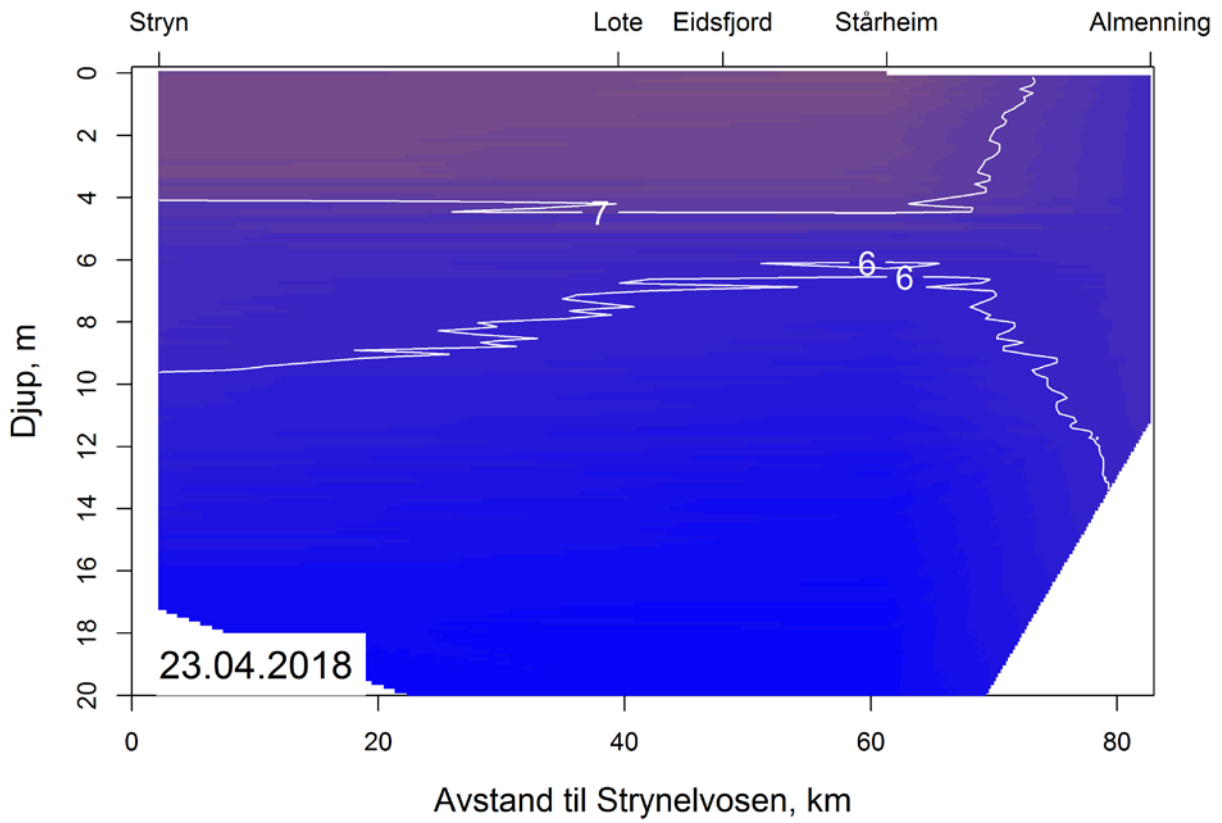
For å vurdere og kvantifisere effekt av ulike gruppefaktorar (t.d. utsettstad, utvandingsgruppe) og/eller miljø- og individvariablar (t.d. vassstemperatur, vassføring, storleik) på ulike prestasjons- og vandringsrelaterte responsar (t.d. overleving, framkomsttid, vandringshastigheit) hjå smolten, vart det tilpassa generaliserte lineære modellar (McCullagh og Nelder 1989). For anten/eller-responsar (t.d. vandre/ikkje vandre) vart det nytta logit-link i analysane, medan kontinuerlege responsar (vandringshastigheit, tidspunkt for vandring, lengde) ikkje nytta link-funksjon (men går då ut frå at residualane er normalfordelte på uttransformert skala). For å tilpasse modell som estimerer framkomsttider som funksjon av avstand til osen av Stryneelva hjå laksesmolt, vart det fyrst tilpassa såkalla generaliserte additive modellar (GAM) for å utforske i kva grad det var varierende vandringshastigheiter gjennom utvandingsruta. GAM er eit modellverktøy som tilpassar blanda modellar av såkalla ikkje-parametriske glattefunksjonar (smoothers) og lineære parametriske funksjonar (Hastie og Tibshirani 1990). Ved å tilpasse ein GAM til utvandingsdata, fekk vi gjennom estimerte fridomsgrader i glattefunksjonen eit hint om eventuelle polynomledd som lyt tilpassast i ein fullparametrisert lineær modell.

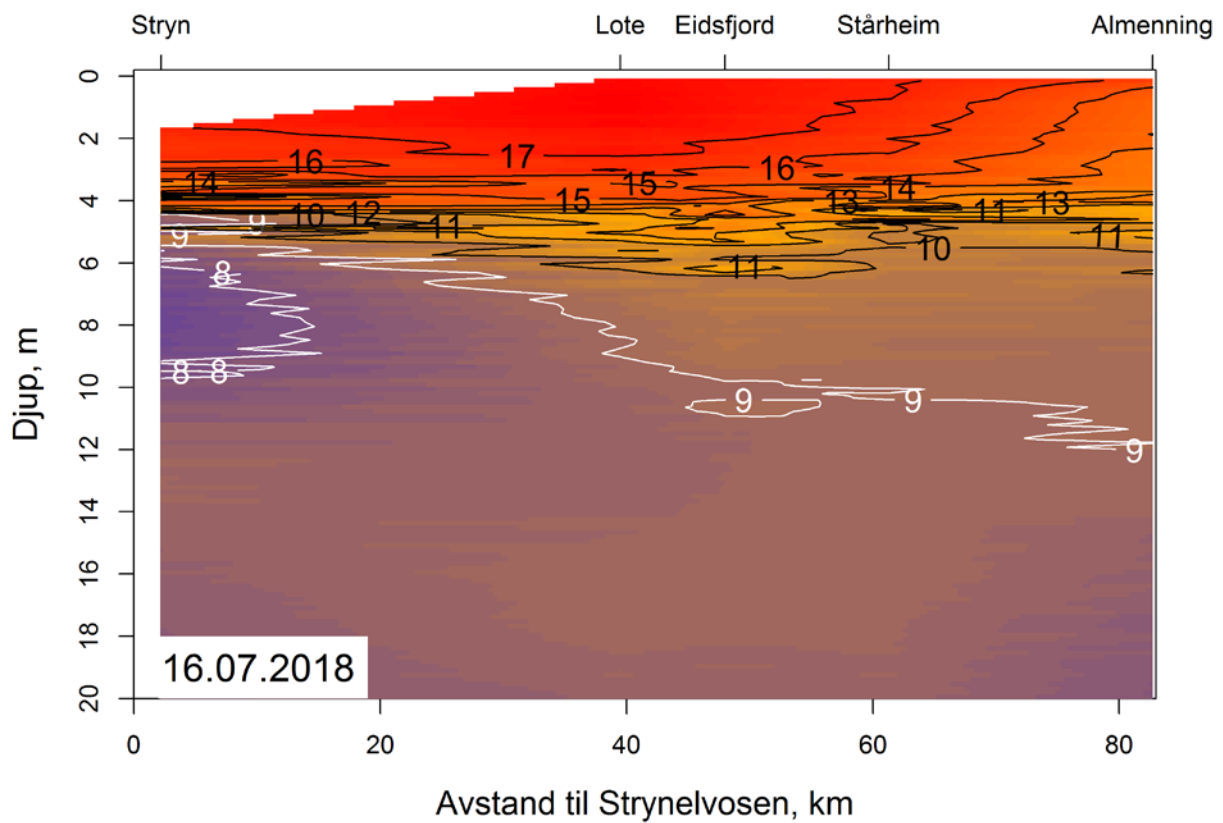
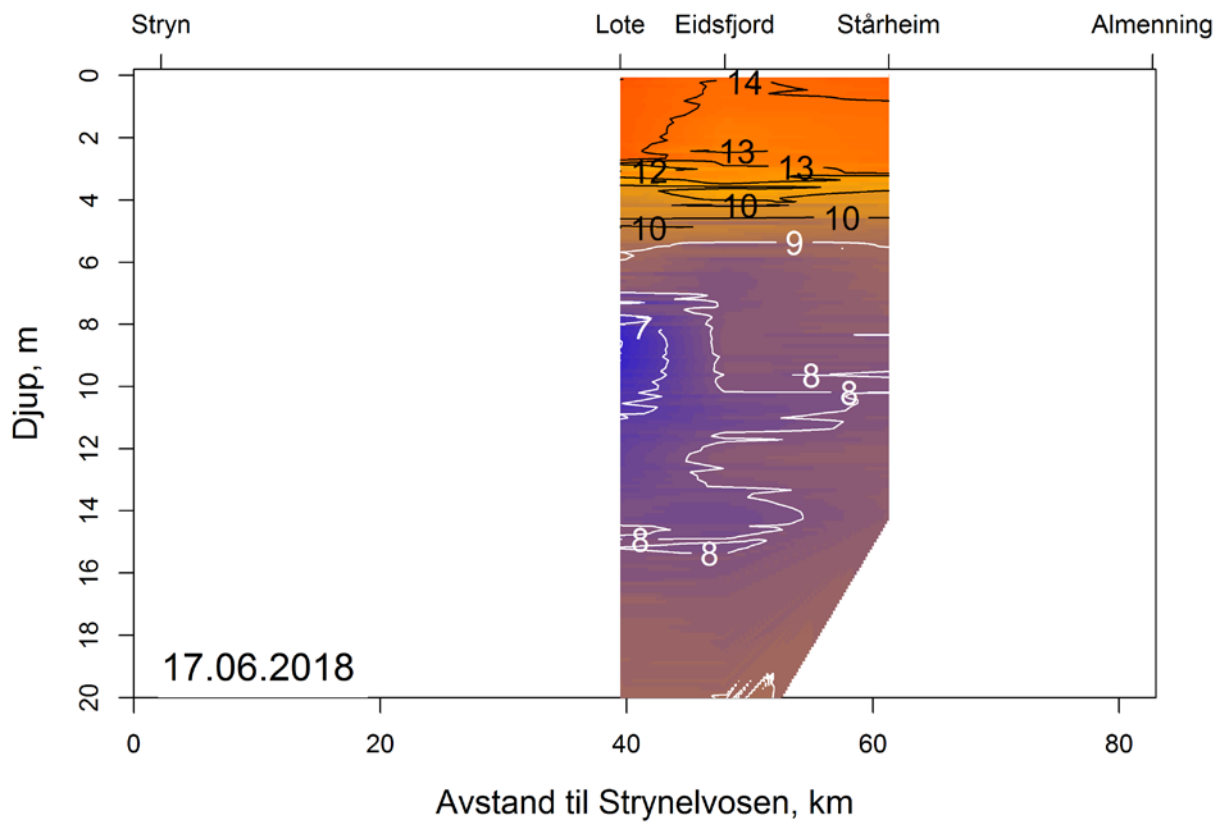
I dei fleste tilfella vart det tilpassa fleire kandidatmodellar, som er kombinasjonar av relevante faktorar og kovariatar som nyttast for å estimere responsen. Desse kandidatmodellane vart rangert etter kva for AICc-verdi dei fekk—der modellen med lågast AICc er modellen med mest dekning i datasettet. Det er denne modellen som mest effektivt (dvs. finn mest optimal balanse mellom forklart variasjon, presisjon og avvik) forklarar variasjonen i responsen som blir modellert (Anderson 2008). Vi omtalar òg modellar med AICc-verdiar som ligg inntil 2,0 AICc-einingar høgare enn den mest støtta modellen, då desse vil vere nær like relevante som den mest støtta modellen (Burnham og Anderson 1998).





Figur 2. Intrapolerte lengdesnitt for vertikalprofilar av salinitet (ppt) frå Stryn og utover mot Almenning ned til 20 m djup ved fire ulike tidspunkt i april–juli perioden 2018. Kvite område er område utan datadekking. Figuren femnar to sider.





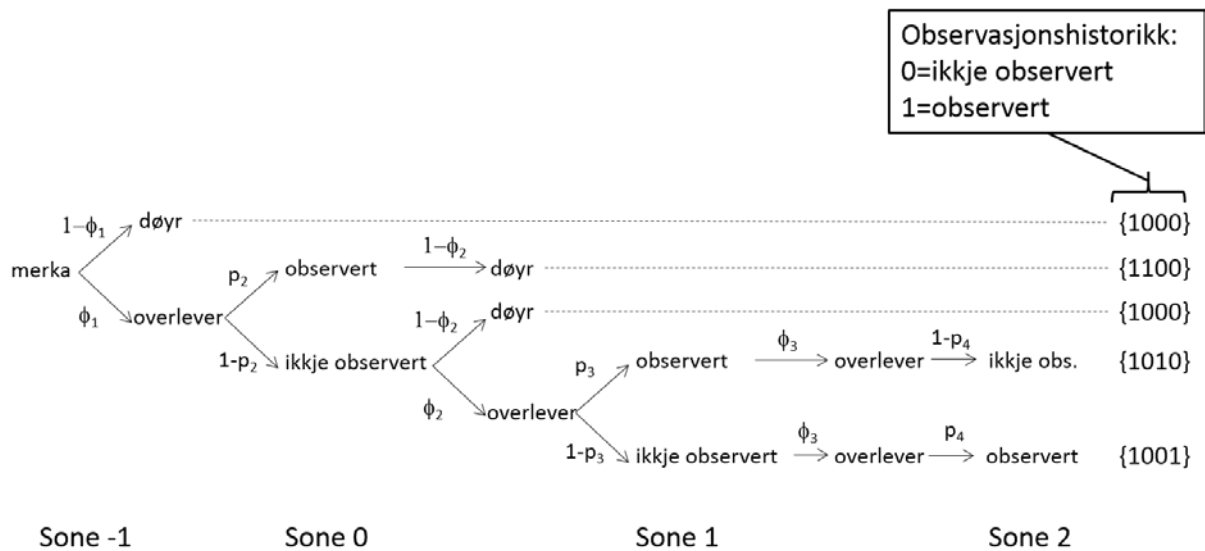
Figur 3. Intrapolerte lengdesnitt for vertikalfiler av vassstemperatur frå Stryn og utover mot Almenning ned til 20 m djup ved fire ulike tidspunkt i april–juli perioden 2018.

4.6.2 Merking-attfangstanalysar: overlevings- og observasjonssannsyn

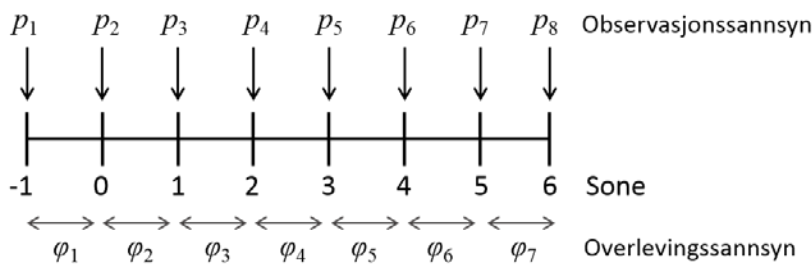
For å estimere overlevingsforløpet til dei utvandrande smoltgruppene, nytta vi ei sekvensiell tilnærming til Cormack-Jolly-Seber modellering (Lebreton m. fl. 1992). Denne modelleringa har to parametertypar, observasjonssannsyn (p) og overlevingssannsyn (ϕ). Både parametertypane kan estimerast til å variere mellom sonene eller vere konstante (dvs. like) mellom sonene eller delar av sonene (t.d. lik i indre fjord, men ulik dei ytre fjordsonene). Parameterane kan òg estimerast som funksjon av individkarakterar (t.d. storleik). I Figur 4B er det framstilt alle moglege parameterestimater som teoretisk kan utreknast under full romleg variasjon for både overlevings- og observasjonssannsyn ($\phi(\text{sone})$, $p(\text{sone})$) for laksesmoltane. Legg merke til at det ikkje let seg gjere å estimere ϕ_7 og p_8 . Dette skuldast at det ikkje er mogleg å skilje observasjonssannsyn og overleving for dette intervallet utan å ha informasjon om vidare lagnad. Så for dette siste intervallet er det estimert produktet mellom dei to. Skulle ein kjenne p_8 , eller ha rimeleg grunn til å setje han lik andre stasjonar kan ein naturlegvis få eit estimat på ϕ_7 . For kvar fisk er det laga ein fangsthistorikk, som eigentleg er ein observasjonshistorikk for dei ulike sonene. Dersom ein fisk vert registrert på ein eller fleire av lyttebøyene innan ei sone får han verdien «1» og dersom han ikkje er registrert vert verdien «0». Til dømes vil ein fangsthistorikk 10010100 tyde at fisken vart sett ut i elva og ikkje detektert i sone 0 (osen) eller indre fjord (sone 1), men observert i sone 2 (Lote) og sone 4 (Isane), og ikkje i dei ytre sonene.

Med utgangspunkt i observasjonshistoriane reknar programmet MARK (White og Burnham 1999) ut parameterestimata for gjeve modellstrukturar gjennom å nytte log-likelihood metodikk.

A



B



Figur 4. **A.** Lagnadsdiagram for laksesmolt med fem døme på observasjonshistorier med gjevne parameterar for såkalla Cormack-Jolly-Seber modellstruktur (CJS). ϕ_i tyder overlevingssannsyn mellom sone i og $i+1$ og p_i er observasjonssannsyn i sone i . **B.** CJS-parameterisering av modellen [$\phi(\text{sone}), p(\text{sone})$]. Her vil kvar sone ha egne estimat for begge parametertypane. For siste sona kan ikkje p og ϕ estimerast kvar for seg (berre produktet av dei to).

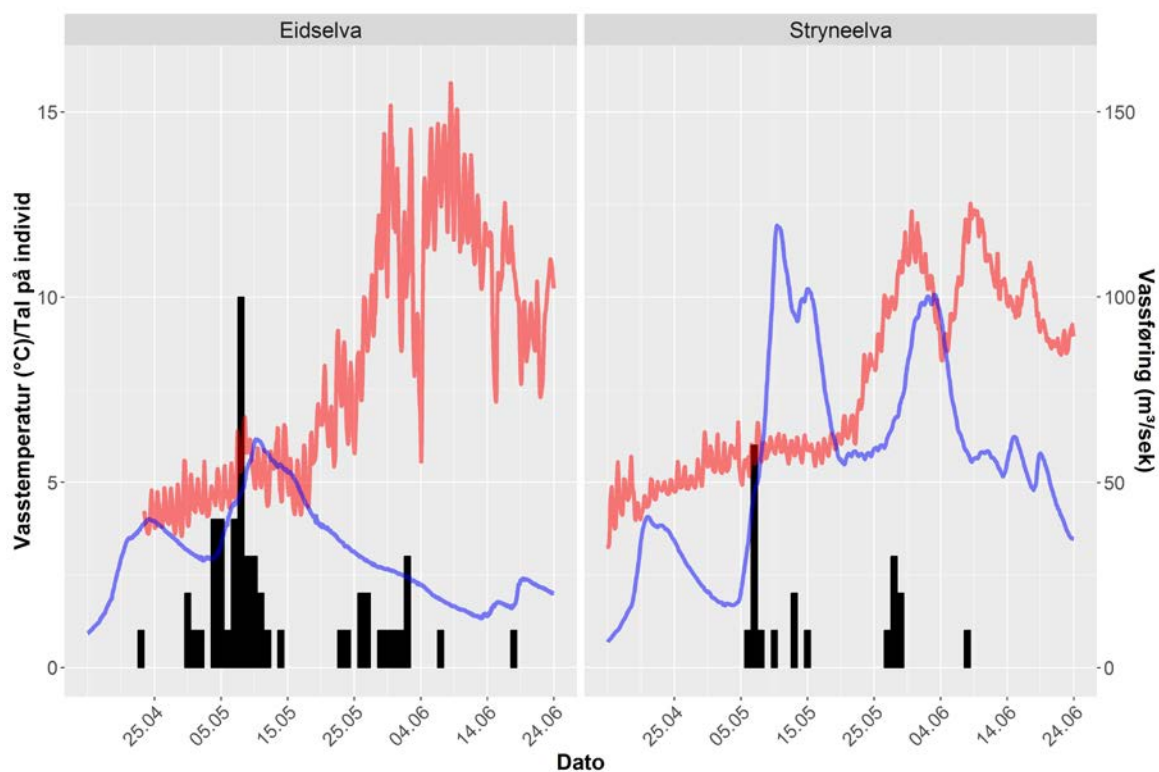
5 Resultat

For heile forsøket under eitt var deteksjonsprosenten høvesvis 78 (24 av 32) og 91 (59 av 65) for laksesmoltten frå Stryneelva og Eidselva på dei passive lyttebøyene.

5.1 Utvandringstidspunkt

Merka laksesmolt frå Eidselva vart registrert i elvemunninga fyrste gong i perioden 24. april–23. juni. Dei same datoane for den merka Stryneelvsmoltten var 7. mai–9. juni (Figur 5). I både elvene var det to toppar i utvandringa: ein frå byrjinga på mai (fram til og med 15. mai) og ein 2,5–3 veker seinare (Figur 5). Gjennom modellseleksjon var det mest stønad i datasettet for ein

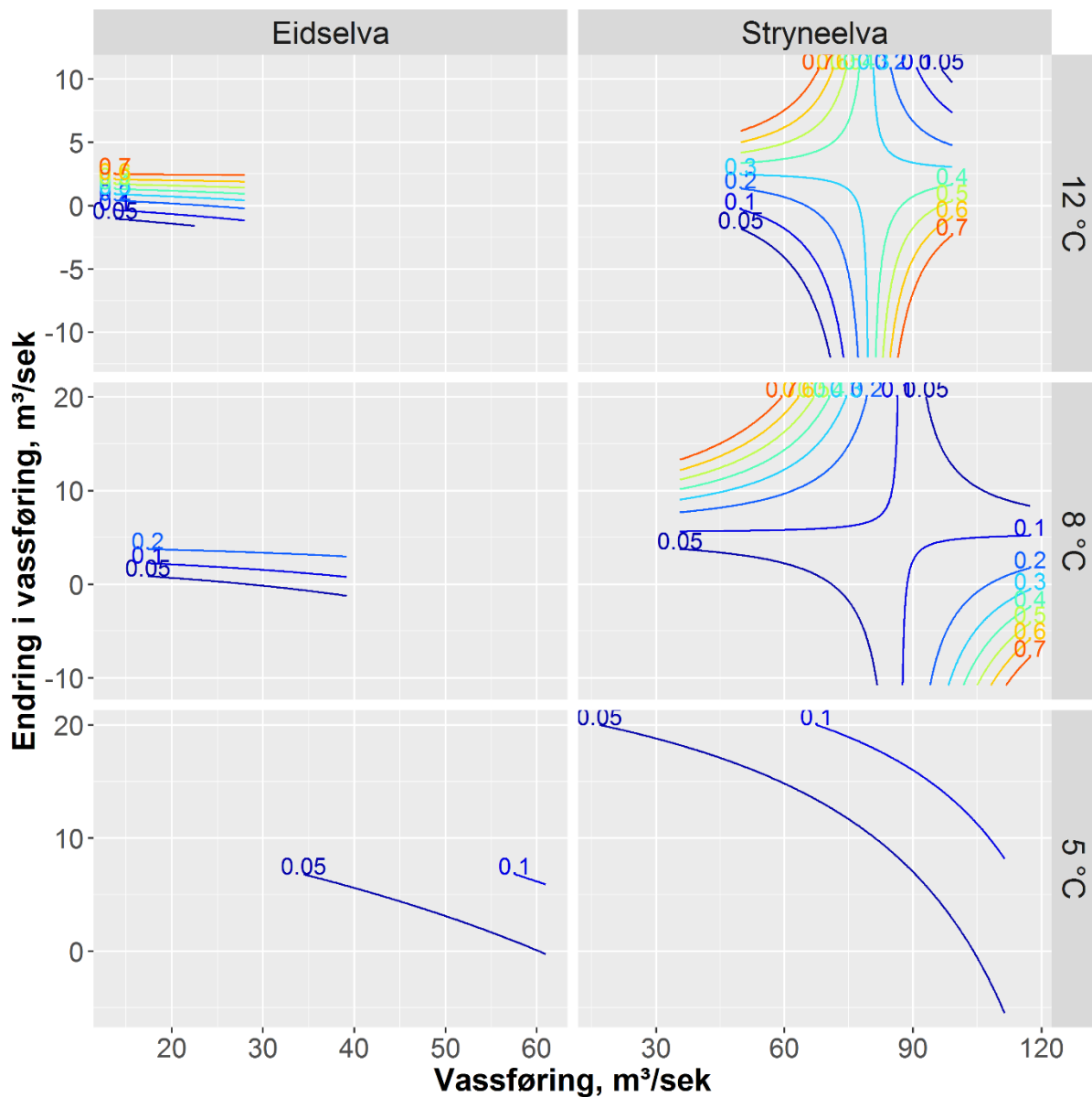
nedvandringssmodell der nedvandringa i båe elvene er styrt av vasstemperaturen, vassføringa og vassføringsendringa frå ein dag ($t-1$) til den neste (t) ($\Delta Q_t = Q_t - Q_{t-1}$, Q =vassføring). Ei rekkje andre modellar for nedvandring vart óg tilpassa (variantar med vassføring og temperatur), men den omtalte modellen hadde lågast AICc-verdi ($\Delta AICc$ var >2 til neste modell). Modellparameterane kjem fram frå Tabell 1 og prediksjonane frå modellen kjem fram frå Figur 6. Modellen estimerer at for smolten frå Eidselva aukar utvandringssannsyn særleg med aukande vassføringsendring og aukande vassstemperatur og i mindre grad med vassføringsnivået i seg sjølv. For Stryneelvsmolten var dette biletet meir komplekst då alle dei tre variablane hadde stor effekt på utvandringssannsyn. Særleg når vassstemperaturen auka til >8 °C er biletet komplekst der høgaste sannsyn for utvandring estimerast til å finne stad ved stor auke i vassføringa når den generelle vassføringa er låg og ved stor vassføringsnedgang når vassføringa er høg.



Figur 5. Utvandringstidspunkt til elvemunninga over tid hjå akustisk merka laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva i 2018 (svarte søyler). Raude og blå liner utgjer høvesvis vassstemperatur og vassføring i det to elvene.

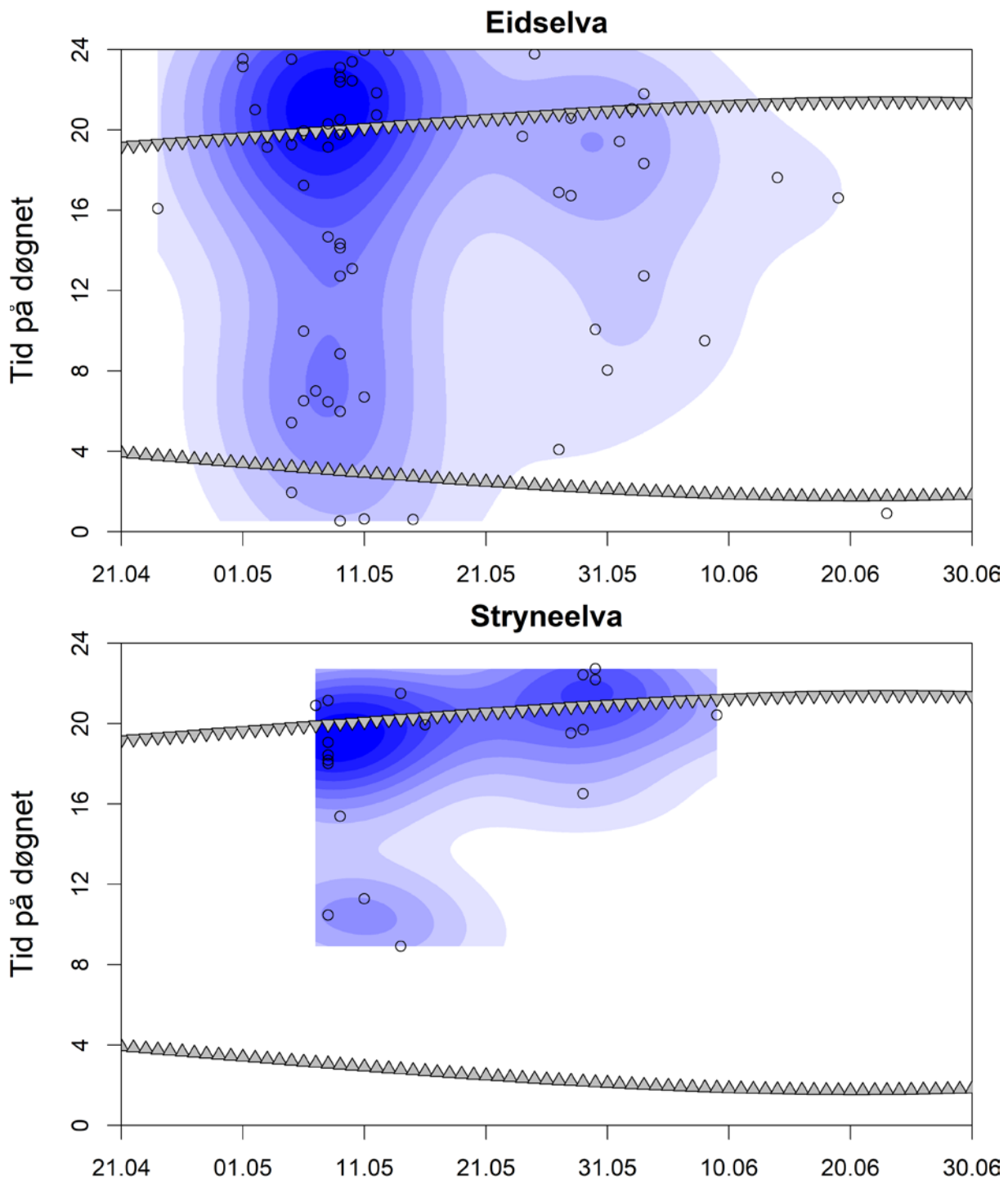
Tabell 1. Parameterestimat og tilhørende type III likelihood-ratio teststatistikk for den utvalde logistiske utvandringsmodellen for laksesmolt frå Styneelva og Eidselva i 2018. Parametereestimata er på logit-skala. ΔQ = endring i vassføring frå dagen føre, Q = vassføring, T = vassstemperatur. Modellstatistikk: $\chi^2=135,35$ $p < 0,00001$, $R_N^2=0,67$.

| Term | Parameterestimat | | Type III LR-teststatistikk | | |
|---------------------|------------------|--------|----------------------------|----------|------|
| | Estimat | SE | Effekt | χ^2 | p |
| Intercept[Eidselva] | -7,5721 | 0,7936 | ΔQ | 4,22 | 0,04 |
| ΔQ | -0,5839 | 0,2968 | Q | 3,86 | 0,05 |
| Q | 0,0393 | 0,0206 | T | 19,57 | *** |
| T | 0,4279 | 0,1005 | Elv | 19,69 | *** |
| Elv[Stryneelva] | -1,8101 | 0,4512 | $\Delta Q * Q$ | 4,18 | 0,04 |
| $\Delta Q * Q$ | 0,0094 | 0,0048 | $\Delta Q * T$ | 10,87 | *** |
| $\Delta Q * T$ | 0,1573 | 0,0502 | $Q * T$ | 0,02 | 0,90 |
| $Q * T$ | 0,0004 | 0,0031 | $\Delta Q * Q * T$ | 7,89 | ** |
| $\Delta Q * Q * T$ | -0,0021 | 0,0008 | | | |



Figur 6. Konturplott av modellprediksjonar for dagleg utvandringssannsyn hjå laksesmolt i Stryneelva og Eidselva 2018 som funksjon av dagleg endring i vassføring, vassstemperatur og endring i vassføring frå dagen før. Linene i plottet utgjer sannsynsoklinar. Merk at både x- og y-aksane varierer mellom dei einskilde figurane for å syte for at prediksjonane held seg innanfor observerte verdiar for vassføring og vassføringsendringar for dei ulike vassstemperaturnivåa. Prediksjonane vart estimerte frå den utvalde modellen som er gjeve i Tabell 1.

Hovudtyngda av utvandringa til elvemunning fann stad ikring solnedgang og særleg tidleg om natta for dei fleste av laksesmoltane, men ein relativt høg del av utvandrarane vandra om dagen (Figur 7).

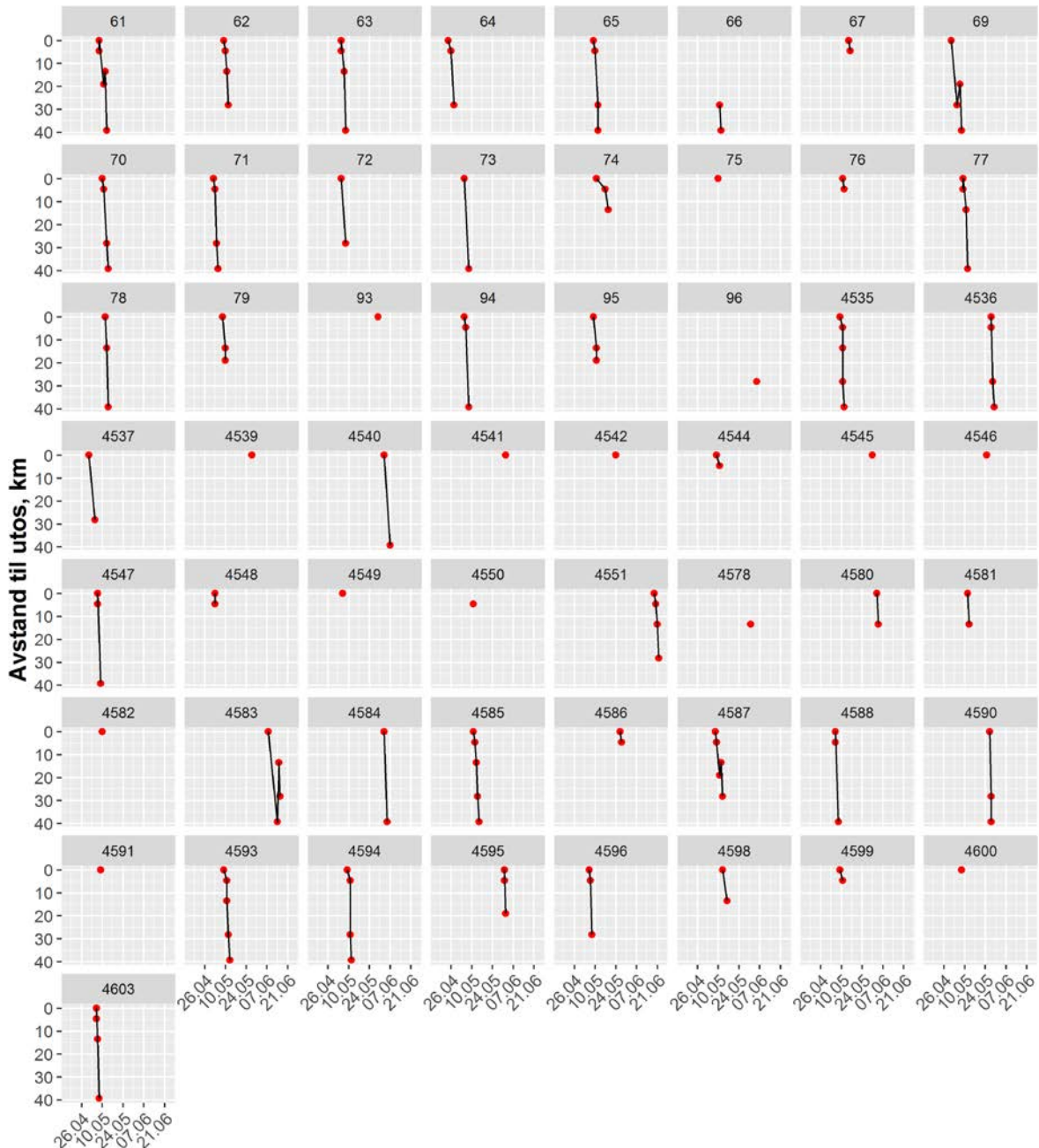


Figur 7. Tid på døgnet som den AT-merka laksesmolten frå Stryneelva og Eidselva vandrar ut i elvemunningen i 2018. Jo mørkare fargane på sannsynskjerna er jo meir sannsynleg er det at smolten vandrar ut i fjorden. Trekantane som peiker nedover syner tidspunkt for solnedgang og dei som peikar oppover soloppgang.

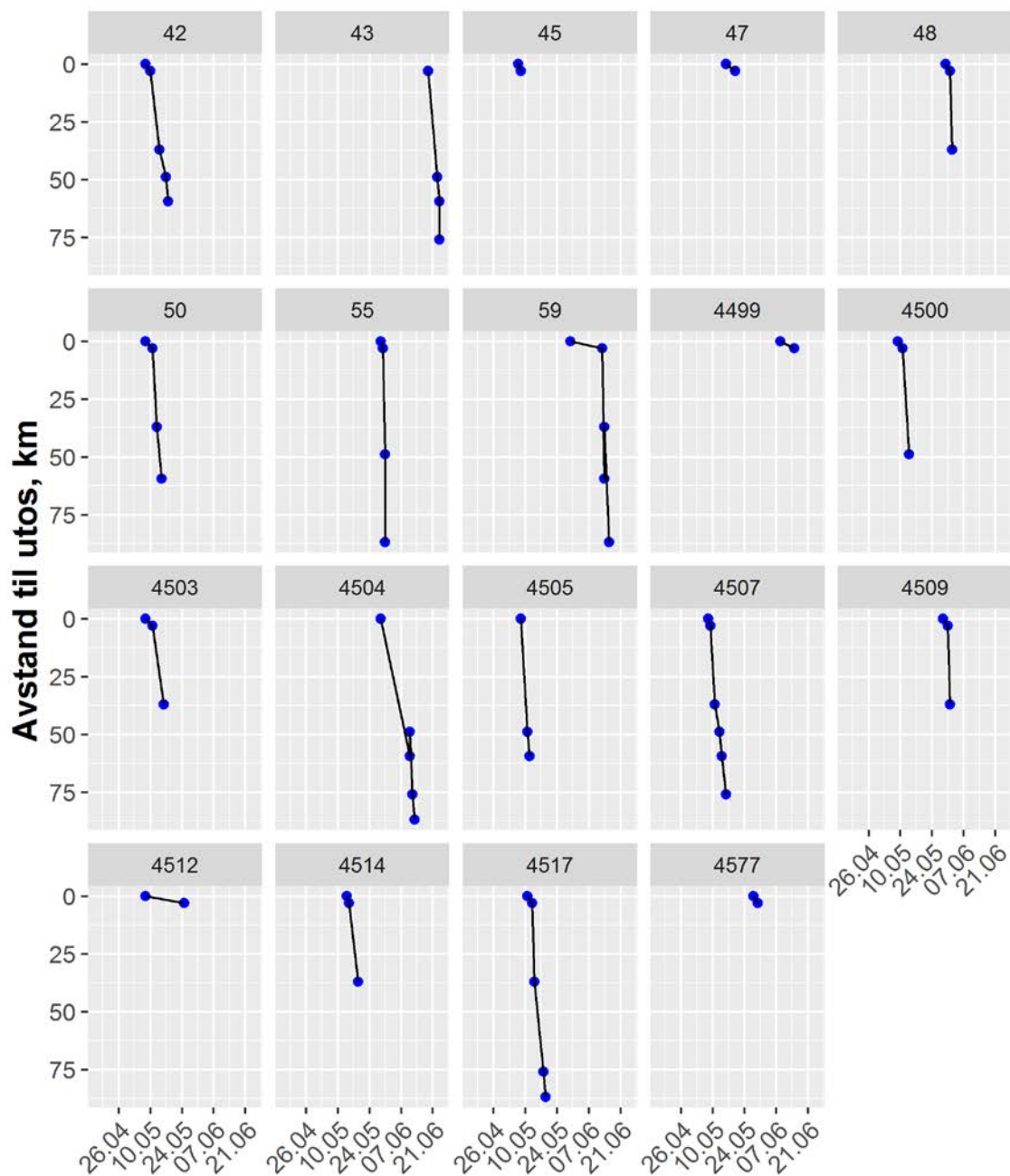
5.2 Fjordvandring

5.2.1 Vandringsfart og opphaldstid i ulike delar av Nordfjorden

Registrering av framkomstdato for dei einsskilte laksemoltane med avstand frå uto/elvemunning er vist i Figur 8 og 9. Den utvandrande merka smolten frå båe vassdraga har relativt lineære utvandringsforløp, dvs vandrar med relativt same framdriftshastigheit, der berre nokre få individ har attendevandringar under utvandringa i fjorden (3 av 57 frå Eidselva og 1 av 19 frå Stryneelva).



Figur 8. Registreringar av framkomstdato hjå dei einsskilte laksesmoltane (id-nummer i paneloverskrifta) frå Eidselva 2018 i høve til avstand frå elvemunninga (km) og dato.



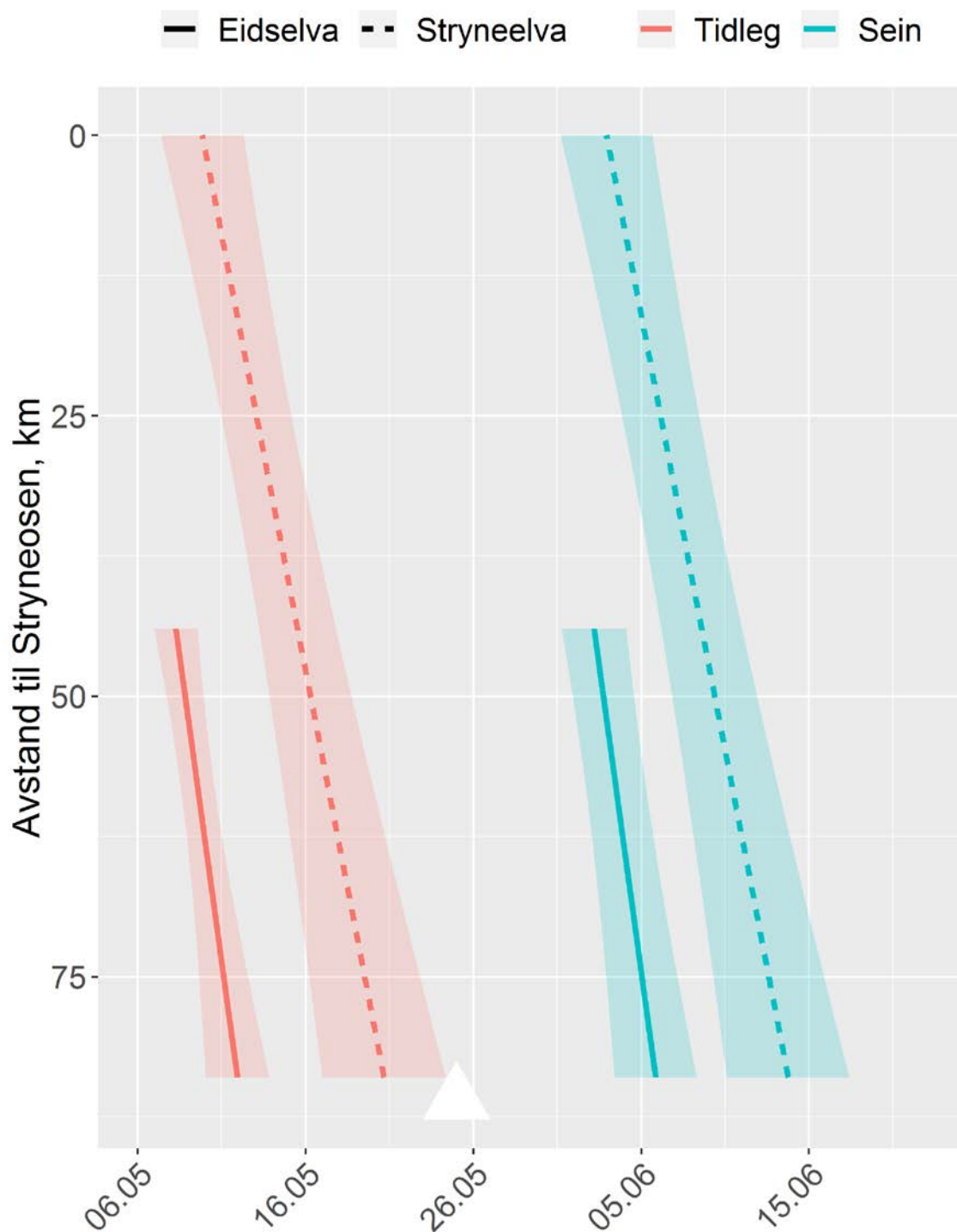
Figur 9. Registreringar av framkomstdato hjå dei einsskilte laksesmoltane (id-nummer i paneloverskrifta) frå Stryneelva 2018 i høve til avstand frå elvemunninga (km) og dato.

Tilpassing av ulike GAM-kandidatmodellar for utvandningsforløpa til laksesmolten frå dei to vassdraga favoriserte enkle lineære modellar for utvandringa—noko som peiker i retning av konstant utvandningsframdrift. Det var tilpassa lineære kandidatmodellar som ved enkel AIC-basert modellseleksjon favoriserte additiv effekt av avstand til utos og utvandningsgruppe (tidleg vs sein) for fiskane frå båe vassdraga (Tabell 2). Parameterestimata og det tilhøyrande prediksjonsplottet (Figur 10) syner at framdrifta utover fjorden er litt høgare for laksesmolten frå Eidselva enn dei frå Stryneelva då stigningstalet for avstand til elveos var litt lågare (0,09

døger/km) for fyrstnemnde enn sistnemnde (0,13 døger/km). Korrigert framdriftsrata for kroppsstorleik vert framdrifta høvesvis $0,98 \pm 0,33$ (\pm SE) og $0,75 \pm 0,15$ kroppslengder/sek for den merka smolten frå dei to elvene. Som vi kan sjå frå Figur 10 seier desse modellane at nær sagt alle dei tidlegvandrande smoltane frå baa vassdraga hadde passert dei ytre områda i fjorden då lakselusovervakinga tok til ved Maurstad i 2018 (25. mai).

Tabell 2. Parameterestimater og tilhøyrande effekttest for smoltutvandringsmodellane som predikerer framkomsttid (dag på året) som funksjon av avstand frå elveos for dei to laksepopulasjonane. Modellane forklarar 79,5 % og 81 % av variasjonen for Eidselva og Stryneelva.

| Elv | Parameterestimat | | | Effekttest | | | | |
|------------|------------------|---------|------|------------|----|--------|---------|-----|
| | Term | Estimat | SE | Effekt | df | SS | F | p |
| Stryneelva | Intercept | 152.94 | 1.40 | | | | | |
| | Avstand os | 0.13 | 0.03 | Avstand os | 1 | 1361.5 | 33.448 | *** |
| | Gruppe[Tidleg] | -24.07 | 1.58 | Gruppe | 1 | 9450.4 | 232.163 | *** |
| Eidselva | Intercept | 152.21 | 0.98 | | | | | |
| | Avstand os | 0.09 | 0.03 | Avstand os | 1 | 316.4 | 5.8978 | * |
| | Gruppe[Tidleg] | -24.91 | 1.05 | Gruppe | 1 | 16948 | 567.343 | *** |



Figur 10. Estimerte datoar som tidlegvandrande (dvs vandrar ut før 15. mai) og seintvandrande laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva kjem til ulike lokalitetar i utvandringruta. Lokalitetane er gjeve som avstand til elvemunning i Stryneelva (km). Estimata kjem frå den lineære modellen som er gjeve i Tabell 2. 95 % konfidensintervall er dei ljose felte ikring modellprediksjonslinene. Merk at x- og y-aksen har bytt plass i høve til formelen for å gjere tolkinga meir intuitiv. Kvit trekant syner når HI tok til med lakselusovervakinga ved Maurstad i 2018 (25. mai).

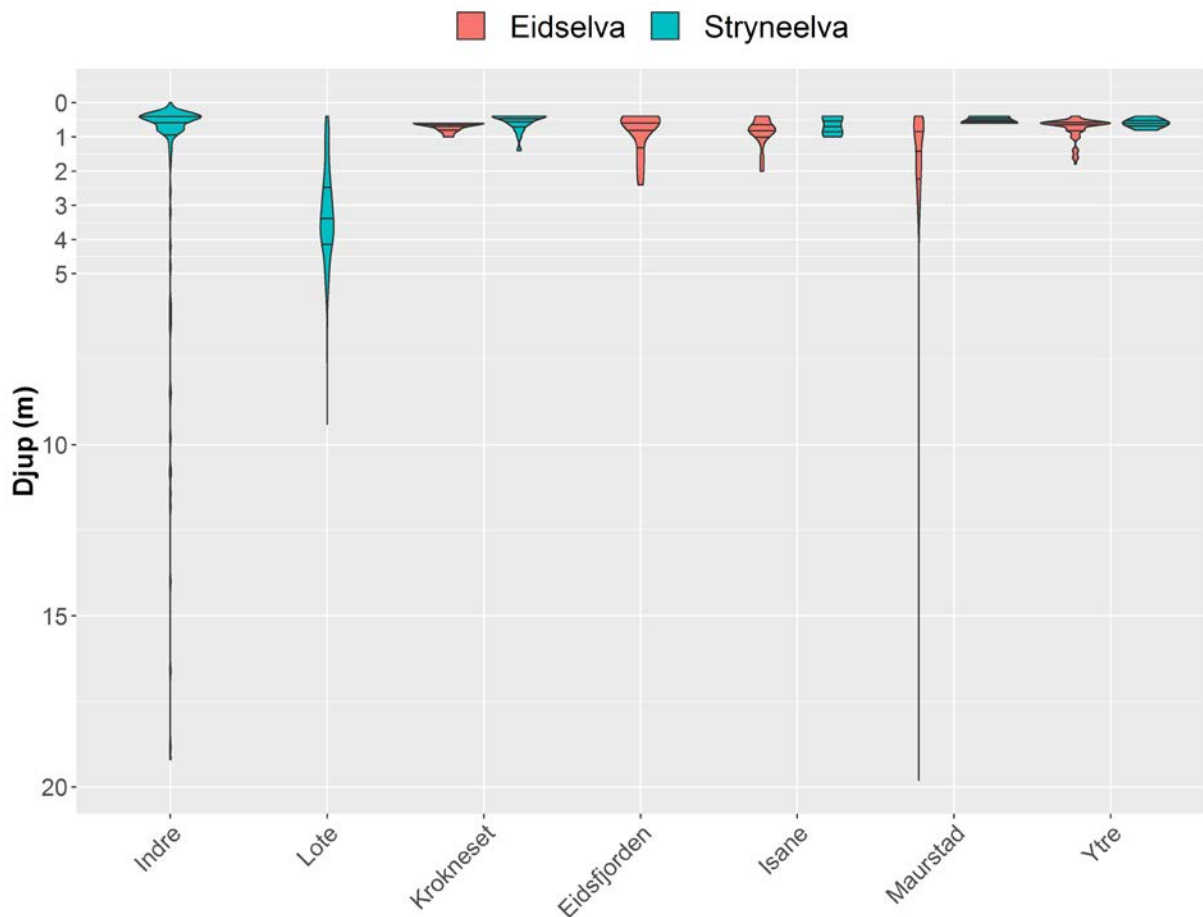
Oppsummerande statistikk for opphaldstid i dei ulike sonene og framkomsttider kjem fram i Tabell 3. Den gjennomsnittlege utvandringstida (\pm SD) for heile utvandringruta i fjorden (dvs frå forlèt utos til forlèt den ytre sona) var $6,9\pm 6,3$ dagar for Stryneelvmolten ($n=4$) og $3,0\pm 1,2$ dagar for Eidselvmolten ($n=21$). For Eidselva vart to individ teke bort frå desse berekningane då dei vart vurdert som daude i den ytste sona (var tilstades til bøylene vart tappa).

5.2.2 Djupnebruk

Djupnebrukdataene synte at laksesmolten frå både elvesystema nyttar nesten utelukkande djup som er grunnare enn to meter, med medianverdiar mellom 1–1,5 m (Figur 11). Det er berre når Strynesmolten passerer ved Lote at dei nyttar litt djupare vatn (median på omlag tre meter). Det er kanskje ein svak tendens til at Eidselvmolten nyttar *litt* djupare vatn enn Strynesmolten gjer, men her snakkar vi berre om desimeterar. Eit resultat av denne djupnebruken er at den AT-merka laksesmolten nesten utan unntak nyttar det minst salte vatnet (<20 ppt) og dei høgaste vassstemperaturane (>9 °C, Figur 2 og Figur 3).

Tabell 3. Oppsummerande statistikk for når vill laksesmolt kjem til dei ulike sonene og kor lenge dei totalt oppheld seg i sonene. [10%;50%;90%] tyder 10, 50 og 90 prosentilen og SD tyder standardavviket. Dag på året er dagar sidan 1. januar, der t.d. 130=11. mai, 140= 21. mai og 150= 31. mai for 2018.

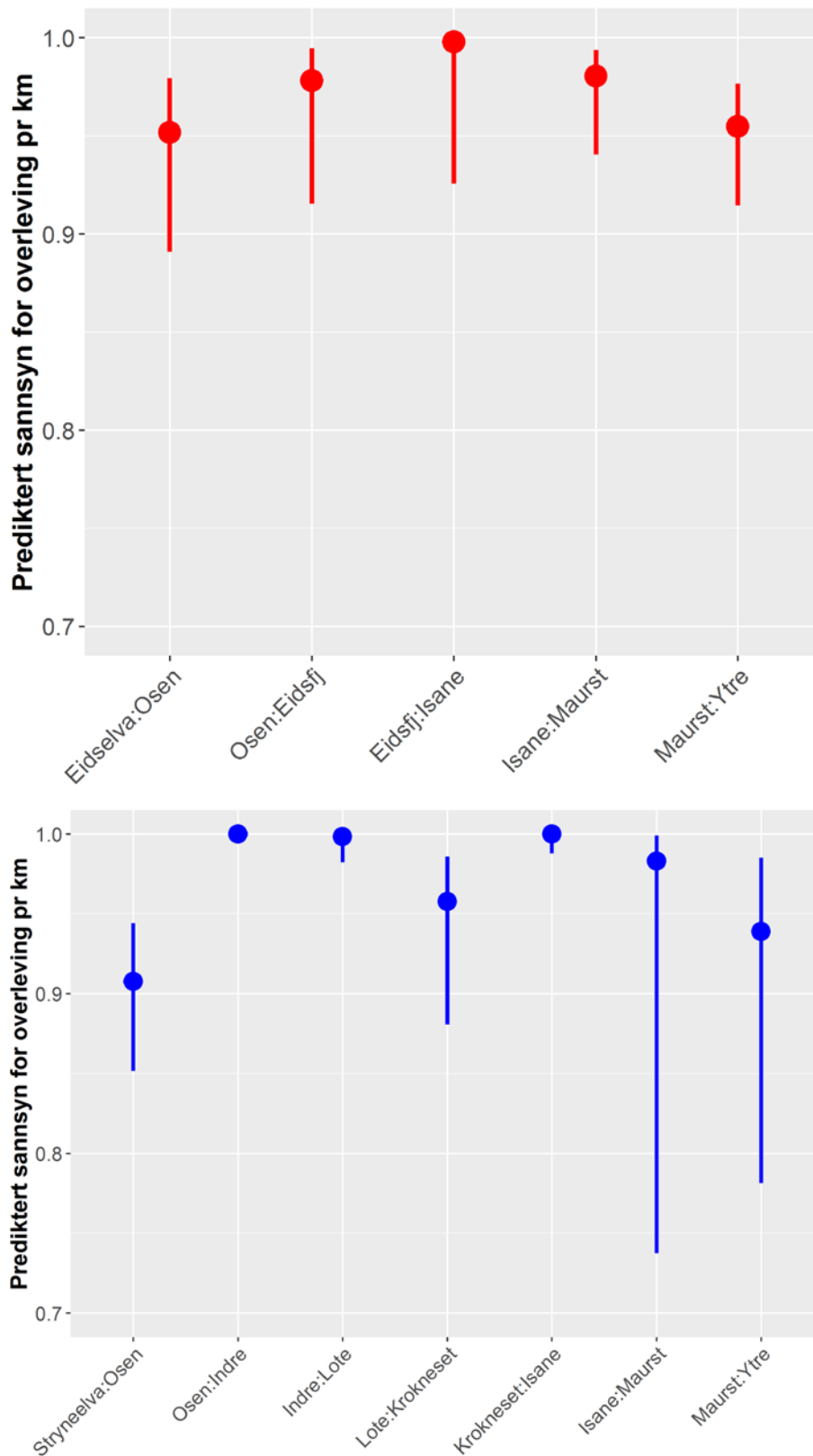
| Populasjon | Sone | Opphaldstid (dagar) | | | Framkomsttdag (dag på året) | | |
|------------|-------------|----------------------|-------------|----|-----------------------------|------------|----|
| | | [10%;50%;90%] | snitt±SD | n | [10%;50%;90%] | snitt±SD | n |
| Eidselva | Eidsosen | [0,003;0,030;0,871] | 0,530±1,810 | 43 | [124,1;128,9;152,7] | 134,1±11,9 | 53 |
| Eidselva | Eidsfjorden | [0,007;0,093;1,354] | 1,605±5,819 | 24 | [124,0;130,0;147,3] | 131,8±10,6 | 29 |
| Eidselva | Isane | [0,003;0,028;1,244] | 0,463±1,079 | 17 | [128,6;132,0;157,0] | 137,5±13,2 | 19 |
| Eidselva | Maurstad | [0,002;0,060;2,566] | 0,687±1,179 | 17 | [124,1;131,2;156,7] | 136,0±14,6 | 20 |
| Eidselva | Ytre | [0,002;0,129;0,639] | 0,298±0,583 | 16 | [127,3;131,5;154,3] | 135,4±11,2 | 23 |
| Stryneelva | Strynsosen | [0,046;0,617;12,158] | 2,969±5,120 | 18 | [127,7;132,2;149,9] | 137,6±11,2 | 18 |
| Stryneelva | Indre | [0,003;0,278;9,069] | 2,568±5,537 | 16 | [129,2;139,8;164,2] | 142,7±14,1 | 17 |
| Stryneelva | Lote | [0,426;2,472;5,040] | 2,560±2,643 | 7 | [132,3;135,1;155,1] | 141,3±12,0 | 9 |
| Stryneelva | Krokneset | [0,002;0,080;0,484] | 0,187±0,359 | 7 | [132,0;136,9;166,4] | 145,6±16,6 | 7 |
| Stryneelva | Isane | [0,005;0,380;0,968] | 0,463±0,480 | 5 | [132,7;137,1;168,5] | 148,2±17,9 | 7 |
| Stryneelva | Maurstad | [0,061;0,292;2,265] | 0,914±1,446 | 4 | [136,2;150,0;171,1] | 152,6±19,2 | 4 |
| Stryneelva | Ytre | [0,002;0,005;1,587] | 0,663±1,143 | 3 | [142,0;157,3;165,8] | 154,8±13,1 | 4 |



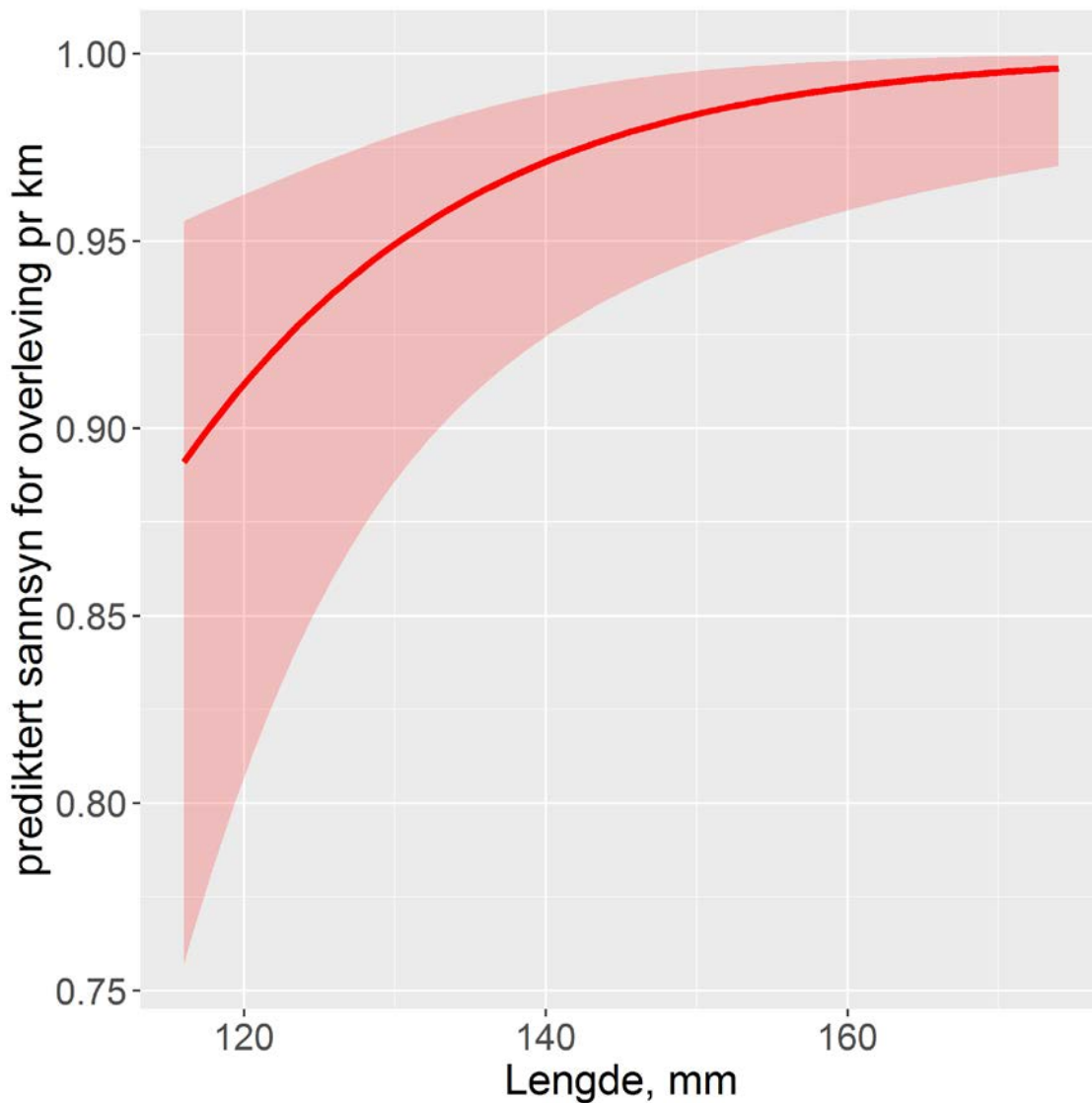
Figur 11. Fiolinplott av djupnebruka for AT-merka laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva under utvandringa i Nordfjord 2018. Jo breiare «fiolinane» er jo meir observasjonar ligg bak innan kvar gruppe. Dei tre horisontale linene inne i «fiolinane» tyder 25, 50 og 75 % prosentilen.

5.2.3 Estimert overleving i ulike delar av utvandringsruta

Dei kilometerwise overlevingsestimata frå CJS-modellen hjå den merka laksesmolten synte at det ikkje er tydelege dramatiske flaskehalsar nokon stad under utvandringa (Figur 12). Det var litt variasjon i dødelegheita der dei høgaste verdiane i 2018 fann stad under elvenedvandringa til osen i baa elvesystema. For individa frå Eidselva var det òg ein relativt høg dødelegheit i indre delar av fjorden, medan smolten frå Stryneelva hadde relativt høg dødelegheit i sona mellom Lote og Krokneset. Dei relativt høge dødelegheitene som kjem fram for den ytre sona skuldast at deteksjonssannsyn vart fiksert til 1 i denne sona fordi metoden ikkje klarer å skilje deteksjonssannsyn frå overlevingssannsyn for dette ytre området (som er sist i utvandringssekvensen). Reelt sett ligg nok deteksjonssannsynet nærare 0,5 (ut frå estimata lenger inn i fjorden)—noko som vil gje langt høgare estimat for overlevinga for den siste sonen. For den merka smolten frå Eidselva vart det funne storleiksavhengig overleving der store smoltindivid overlevde med større sannsyn enn små (Figur 13).



Figur 12. CJS-estimerte overlevingssannsyn mellom dei ulike sonene for akustisk merka laksesmolt frå Eidselva (øvt, raudt) og Stryneelva i sesongen 2018. Sannsyna er gjeve pr. kilometer og 95% konfidensintervall er framstilt som vertikale stolpar. Overlevingssannsyna for Eidselva er korrigert for storleik (estimert for gjennomsnittsstoleik = 131 mm).

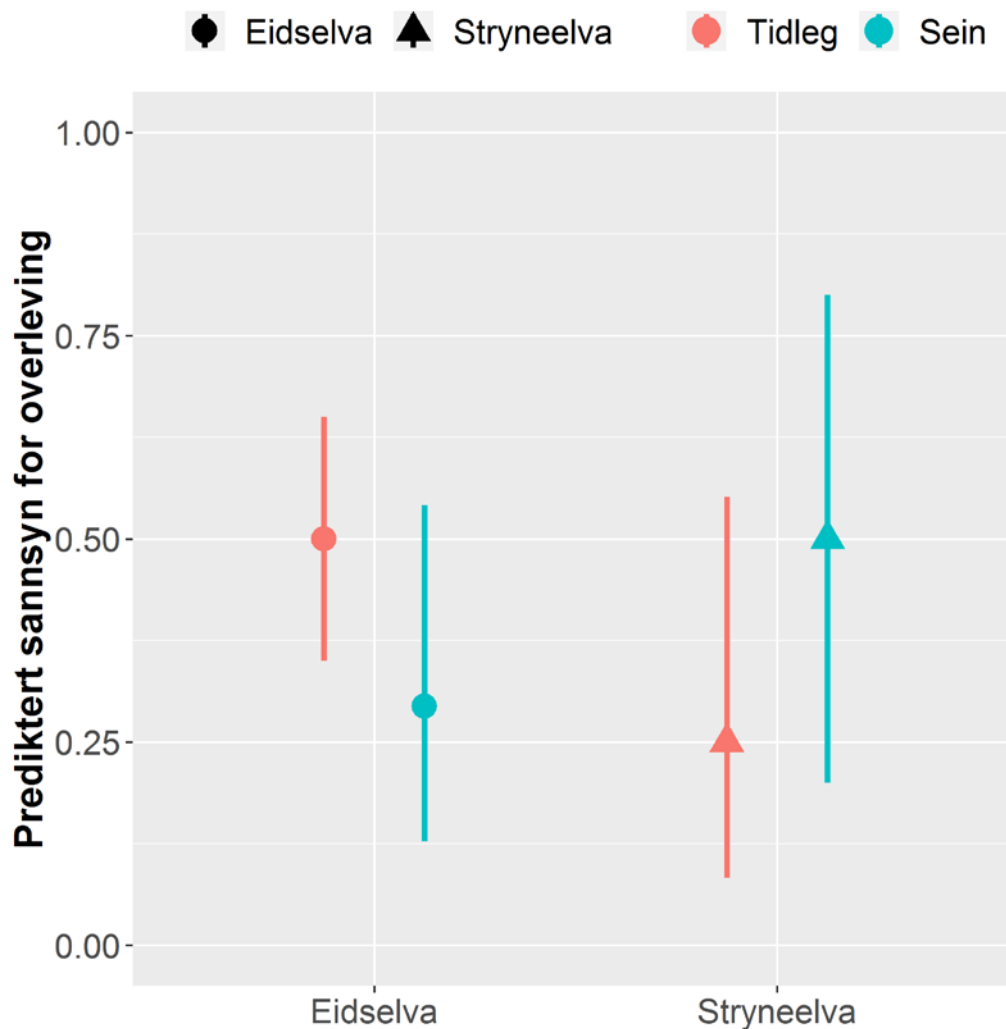


Figur 13. CJS-estimerte overlevingssannsyn under fjordutvandringa som funksjon av lengde for akustisk merka laksesmolt frå Eidselva. Sannsyna er gjeve pr. kilometer og 95 % konfidensintervall er vist som ljoseraudt band.

Når vi tilpassar GLM-kandidatmodellar som testar ut i kva grad utvandringstidspunktet frå vassdraga er korrelert med sannsynet for å overleve heile fjordutvandringa finn vi at ein modell med interaksjonseffekt mellom elv og utvandingsgruppe hadde høgast AIC-stønad (Tabell 4). Det var relativt høg variasjon innan gruppene, så interaksjonen var ikkje statistisk signifikant med eit α -nivå på 0,05 ($p_{\text{elv*gruppe}}=0,08$). Modellen estimerer ulik effekt av dei to utvandingsgruppene på totaloverlevinga mellom dei to vassdraga (Figur 14), der dei tidlegvandrande smoltane frå Stryneelva hadde lågast fjordoverlevingssannsyn (0,25) medan både seintvandrande smolt frå Stryneelva og tidlegvandrande smolt frå Eidselva hadde den høgaste fjordoverlevinga (om lag 0,5).

Tabell 4. logit parameterestimat og tilhøyrande likelihood-ratio test, for GLM-modell som estimerer effekt av utvandringsgruppe og elv på total minimumsoverleving under fjordvandringa hjå AT-merka smolt frp Stryneelva og Eidselva i 2018. Intercept utgjer seintutvandrande smolt frå Eidselva.

| Parameterestimat | | | LR-Effekt test | | | |
|-------------------------------|-------|------|----------------|----------|----|-------|
| Term | Est | SE | Effekt | χ^2 | df | p |
| Intercept | -0.87 | 0.53 | Gruppe | 2.108 | 1 | 0.146 |
| Gruppe[Tidleg] | 0.87 | 0.62 | Elv | 0.983 | 1 | 0.321 |
| Elv[Stryneelva] | 0.87 | 0.89 | Gruppe*Elv | 3.025 | 1 | 0.081 |
| Gruppe*Elv[Tidleg,Stryneelva] | -1.97 | 1.15 | | | | |



Figur 14. Estimert minimumsoverleving hjå dei to utvandringsgruppene av AT-merka laksesmolt i Stryneelva og Eidselva 2018 frå elveos til den ytre sona av Nordfjord. Estimata er avleda frå ein logistisk analyse. Dei vertikale linene utgjer 95% konfidensintervall.

6 Diskusjon

6.1 Metodikk og datakvalitet

Styrken til akustiske telemetristudier er knytt til stor datafangst pr. individ, medan ei ibuande usikkerheit er knytt til eit lågt tal på individ. Ein lyt difor vere varsam med å generalisere resultatata frå slike studiar frå individnivå til populasjonsnivå. Vi lyt òg vere varsam med å generalisere frå ein eittårsstudie, då tilhøva dette eine året kan vere atypisk for den meir generelle situasjonen i dette elv- og fjordsystemet. For vidare diskusjon av styrker og svakheiter til denne metodikken viser vi til Urke m. fl. (2018).

Resultata på tal på fisk som er registrert etter akustisk merking (70–90 %) og detaljar på utvandringsutløysar, døgnmønster i utvandringa, utvandringshastigheit og overleving tyder på at datasettet knytt til vandringsmønster er av god kvalitet og på line med resultat frå liknande telemetristudier gjennomført i Stryneelva i 2017 (Urke m. fl. 2018) og i Lærdalselvi og Sognefjorden (Urke m. fl. 2013a; 2014b).

Feltarbeidet i april 2018 fann stad under ein periode med sterkt aukande vassføring i båe vassdraga etter ein stabil periode med låg vassføring (4–5 til 30–40 m³ sek⁻¹). Dette gjorde det særst utfordrande å få tak i den ynskja mengda med pre-smolt, særleg i Stryneelva, trass i ein iherdig arbeidsinnsats med innsamling. Denne vassføringsauken kan ha gjort sitt til at det vandra ut laksesmolt på eit tidlegare tidspunkt enn tidspunktet for innsamling. Ingen av dei akustisk merka laksesmoltane i Eidselva eller Stryneelva i sesongen 2018 vandra ut rett i etterkant av merkinga. Dette kan tyde på at dei merka fiskane ikkje var klare til å vandre på dette tidspunktet. Erfaringar frå Lærdalselvi i 2009 (Urke m. fl. 2013a), med same metodikk, synte at akustisk merka laksesmolt vandra ut dagen etter merking, då innsamling fann stad under aukande vassføring innanfor eit tidsrom der laksen var smoltifisert. Vi har ikkje detaljert kjennskap til smoltutviklinga til laksen frå Stryneelva og Eidselva. Studiar frå Driva (Urke m. fl. 2013b), der det vart samla inn nedvandrande laksesmolt med smolthjul, synte at smolten tek opp vandringsmønsteret sitt etter akustisk merking, noko som tyder på at all handtering knytt til merking truleg berre hadde liten eller ingen påverknad på viljen til å vandre ut i dette systemet. Vi kan like fullt ikkje utelukke at det kan ha vandra ut laksesmolt under auken i vassføringa som fann stad medan vi samla inn og merka laksesmolt i desse to vassdraga 20–24. april i 2018. Registrert utvandringstidspunkt og framkomsttider til ulike delar av fjordsystemet kan difor vere tidlegare enn det som her er dokumentert (sjå Figur 8 og Figur 9).

Studiane som vart gjennomførte i 2017 og 2018 har ikkje teke med laksesmolt frå anadrom strekning oppstraums innsjøane i desse vassdraga. Fisk frå desse områda har ein lenger vandringsavstand og skal passere store innsjøar, slik at ein kan forvente at desse faktisk kjem seinare ut til fjorden enn fisk nedstraums innsjøane. Granskingar på ungfisk av laks i øvre del av vassdraget (Hjelledøla og Honndøla) har ikkje funne stor mengde eller tettleik av gytefisk eller ungfisk av laks dei siste åra (t.d. Urke m. fl. 2018). Dette tyder på at mesteparten av laksesmolten som vert produsert i desse to vassdraga i dag kjem frå områda nedstraums innsjøane. Trass i dette er det viktig å sjå nærare på desse systema framover. Kor stor del av smolten vert eller kan verte produsert i øvre del av vassdraget og når kjem desse til fjorden? Til dømes har erfaringar frå Vosso vist at dei øvre områda i vassdraget kan vere viktige for totalproduksjonen av laks i vassdraget, og akustisk telemetri har vist at smolten frå dei ulike områda i vassdraget kjem til fjorden til ulike tider (Barlaup m. fl. 2018; Haugen m. fl. 2017;

Haugen m. fl. 2016). I vidareføring av KLAF-prosjektet har vi i 2019 inkludert studiar på vandring til vill laksesmolt frå område oppstraums innsjøane i begge vassdraga.

6.2 Vandring og overleving

6.2.1 Utvandringstidspunkt

Merka laksesmolt frå Eidselva vart registrert i elvemunninga fyrste gong i perioden 24. april–23. juni. Dei same datoane for den merka Stryneelvmolten var 7. mai–9. juni (Figur 5). I båe elvene var det to toppar i utvandringa: ein frå byrjinga på mai og ein 2,5–3 veker seinare (Figur 5).

I 2017 vart laksesmolt frå Stryneelva registrert i elvemunninga i perioden 2.–28. mai, med klare toppar 6.–7. mai og 17.–18. mai. I 2017 hadde laksesmolten frå Stryneelva ingen markerte flaskehalsar i overleving frå elv til ytre del av fjorden, noko som også var tilfelle både for laksesmolten frå Eidselva og Stryneelva i 2018.

For modellane som ligg bak trafikklysregimet er det konkrete utvandringstidspunktet for laksesmolten frå dei ulike vassdraga heilt sentrale for estimering av forventa lakseluspåverknad og til sist kva farge trafikkloset skal få. Kunnskapsnivået om utvandringssdata for alle laksevassdrag i alle produksjonsområda vert kategorisert til mellom 0 og 2; der 0 tyder ingen data, 1 litt data, og 2 over 5 år med data. Alle laksevassdraga i Nordfjord, og dei aller fleste i produksjonsområdet PO4, var i kategori 0 våren 2017 (Nilsen m. fl. 2017). Stryneelva vart med aktiviteten i 2017 løfta frå kategori 0 til 1 (Urke m. fl. 2018). Med resultatane frå 2018 er no Eidselva løfta inn i kategori 1.

Basert på resultat frå studiane gjennomført i Stryneelva og Eidselva kan forvaltnings- og næringsaktørar no gå frå å bruke ein estimert/ikkje-empirisk smoltutvandringssperiode til å bruke reelle data eller modellar som er avleia frå reelle data. I PO4 er det sannsynlege tidspunktet for utvandring basert på lange tidsseriar frå referansevassdraget Vosso. Vosso er som kjent kraftig påverka av vasskraftproduksjon og det er dokumentert at smolten her nyttar lang tid gjennom innsjøane og dei særskilt påverka indre delane av fjorden (Haugen m. fl. 2016 & 2017). Data frå eit vasskraftpåverka vassdrag med store innsjøsystem i nedre del av anadrom strekning er truleg ikkje representativt for andre og klårt meir upåverka vassdrag utan slike innsjøar i regionen.

6.2.2 Opphaldstid og framdrift i fjordsystemet

Framdriftshastigheita både for smolten frå Stryn og Eidselva er på line med dei 0,4–3,0 kroppslengdene/sek som er funne i samanliknbare utvandringssystem (Urke m. fl. 2011; 2013a,b, 2014b; Thorstad m. fl. 2012).

I modellane bak trafikklyseregimet vert laksesmolten sett til å vere i område med smittepress av lakselus i 28 dagar (Nilsen m. fl. 2017). Dette er ein vesentleg lenger tidsperiode enn kva vi fann for våre AT-merka laksesmolt frå Stryneelva i 2017 og 2018 og det som tidlegare er dokumentert i ytre del av Sognefjorden for laksesmolt frå Lærdalselvi i 2013 og 2014 (Urke m. fl. 2015). Opphaldstida for den einskilde laksesmolten var 3–4 dagar i ytre del (sone 4–6) av Nordfjorden (ut til Måløy-Gangsøy-Husevågøy) i 2017 (Urke m. fl. 2018). I 2018 var tala og mykje lågare (tabell 3) for laksesmolten frå både Stryneelva og Eidselva.

7 Konklusjonar

For laksesmolten i Stryneelva og Eidselva i Nordfjord har vi funne viktige tal og estimat for 2018-utvandringa.

- Dei fyrste merka laksesmoltane frå Eidselva kjem til ytre del av fjorden den 7. mai og frå Stryneelva 23. mai.
- Vandringa frå os (elvemuning) til dei forlèt ytre fjord tok i snitt 6,9 dagar og 3,0 dagar for høvesvis laksesmolten frå Stryneelva og Eidselva.
- Laksesmolten frå Eidselva er i ytre fjord nesten to veker tidlegare enn laksesmolt får Stryneelva.
- Tidspunktet for den nasjonale luseovervåkninga treff bra for laksesmolt frå Stryneelva, men skjer to veker for seint for laksesmolt frå Eidselva.

8 Nytteverdi

Vi veit no når laksesmolten frå Stryneelva og Eidselva passerte ytre del av Nordfjorden og estimert opphaldstid i dette området i 2018. Med auka kunnskap om kva som set i gang vandringane og vandringsåtferda (framdrift og vandringsmønster) vil forvaltninga og næringsaktørar om ikkje lenge ha eit langt betre verkty for å kunne fastsetje både når overvaking og tiltak mot lakselus skal gjennomførast for å mest effektivt verne om villfisken.

Ekspertutvalet for trafikklysregimet (Nilsen m. fl. 2017) nyttar tre kategoriar når kunnskapsnivå i forhold til utvandring til laksesmolt skal vurderast i ulike vassdrag; der 0 er ingen data, 1 er litt data, og 2 er data over fem år. Stryneelva vart i 2017 løfta opp frå kategori 0 til 1, og med årets studie er eit slik kunnskapsløft og gjort for Eidselva. I tillegg har ein fått reelle data på opphaldstid og vandring i fjordsystemet til vill laksesmolt frå to nasjonale laksevassdrag. Ved å ta i bruk desse datasetta vil ein redusere usikkerheita som i dag rår ved fastsetting av fargen på trafikklysa, jf. Nilsen m. fl. 2017.

Trass i at det trengs observasjonar over fleire sesongar for å kunne konkludere, meiner vi at oppdrettsnæringa allereie no kan grovinnstille tiltaka sine mot lakselusa inn mot den aktuelle tidsperioden.

9 Referansar

- Anon. 2018. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene Sogn og Fjordane - Trøndelag. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 11c, 343 s.
- Anderson, D. R. 2008, Model-based inference in the life sciences: a primer on evidence. New York, Springer Verlag.
- Barlaup 2018. Barlaup, B. T., K. W. Vollset, S. E. Gabrielsen, H. Skoglund, E. S. Normann, T. Wiers, I. B. Birkeland et al. 2018. Undersøkelser av smoltutgangen i Vossovassdraget, Sider: 49–74 i B. T. Barlaup, red. Redningsaksjonen for Vossolaksen – framdriftsrapport per 2017. Bergen, Uni Research Miljø LFI.
- Burnham, K. P., & D. R. Anderson. (1998) Model Selection and Inferences. New York, Springer Verlag.
- Daae, K. I., Staalstrøm, A., Urke, H. A., Viljugrein, H., Jansen, P., A. Kandal, I. 2011. Aquastrøm Nordfjord Kartlegging og beskrivelse av strømforhold og risiko for smittespredning. NIVA rapport 6194.
- 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.
- Frost, S., Huni, A. & Kershaw, W.E. 1971. Evaluation of a kicking technique for sampling stream bottom fauna. Can. J. Zool. 49: 167–173.
- Hastie, T. J., og R. J. Tibshirani. 1990, Generalized Additive Models. London, Chapman & Hall.
- Haugen, T. O., Jansen, P. A., Staalstrøm, A., Viljugrein, H., Kristensen, T., Daae, K.L., Molvær, J. Nilsen, T.O., Arnekleiv, J.V. og Urke, H. A. 2014. GyroSim Sannsynlighet for spredning av *Gyrodactylus salaris*: Kobling av 3D sirkulasjonsmodell og biologisk smittespredningsmodell. INAQ AS Rapport til Miljødirektoratet. 37 sider.
- Haugen, T.O., Ulvund, J.B., Lunde, R., Kristensen, T., Barlaup, B.T. & Urke, H.A. 2016. Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso.- INA fagrapport 32. Ås: NMBU-INA: 54 sider.
- Haugen, T.O., Kristensen, T., Nilsen, T.O og Urke, H.A. 2017. Vandringsmønsteret til laksesmolt i Vossovassdraget med vekt på detaljert kartlegging av åtferd i innsjøsystema og effektar av miljøtilhøve. MINA fagrapport 41. Ås: NMBU-MINA: 85 sider.
- Hellen, B. A., Ihlen, P. G. og Spikkeland, O. K. 2012. Opprusting av Kviefossen kraftverk i Eidselva i Eid kommune. Konsekvensvurdering for biologisk mangfold. Rådgivende Biologer AS, rapport, 46 sider
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. og 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.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. (red.) 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen, Nr. 14-2016, 139 s.

- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert, og D. R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals - a unified approach with case-studies. *Ecological Monographs* 62:67–118.
- McCullagh, P., og J. A. Nelder. 1989, *Generalized Linear Models*. London, Chapman & Hall.
- Nagelkerke, N. J. D. (1991) A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, 78: 691–692.
- Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A., 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. ISBN 978–82–8088–414–5
- Sægrov, H. og Vasshaug, Ø. 1979. Fiskeribiologiske granskningar i Strynevassdraget og Loenvassdraget. Direktoratet for vil og ferskvannsfisk. Fiskerikonsulenten i Vest-Norge. 21 s.
- Sægrov, H., Hellen, B. A. og Kålås, S. 2012. Gytefiskteljingar i Stryneelva i 2011 og vurdering av gytebestandsmål. Rådgivende Biologer AS, rapport 1541, 15 sider, ISBN 978-82-7658-912-2.
- Thorstad, E. B., F. Økland, B. Finstad, R. Sivertsgard, P. A. Bjørn, and R. S. McKinley. 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., F. Økland, B. Finstad, R. Sivertsgard, N. Plantalech, P. A. Bjørn, and R. S. McKinley. 2007. Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia* 582: 99–107.
- Thorstad, E. B., F. Whoriskey, I. Uglem, A. Moore, A. H. Rikardsen, og B. Finstad. 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.
- Urdal, K, B.A. Hellen, S. Kålås & H. Sægrov 2003. Fiskeundersøkingar i Eidselva, 1999 - 2002. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 618, 32 sider.
- Urke, H. A. Kristensen, T., Alfredsen, K.T., Daae, K. L.D. og Alfredsen. J.A. 2010. Utvandringstidspunkt og marin åtferd hjå smolt frå Lærdalselva. NIVA rapport. 6033-2010 48 sider.
- Urke, H. A., Kristensen, T. Ulvund, J.B. Alfredsen, J. A. 2013a. Riverine and fjord migration of wild and hatchery reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 20,544– 552. doi: 10.1111/fme.12042
- Urke, H. A., Kristensen, T. Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O. Kjærstad, G., Stefansson, S O., Ebbesson, L.O.E and Nilsen, T. O. 2013b. Seawater tolerance and post smolt migration of wild Atlantic salmon x brown trout hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82, 206–227.
- Urke, H. A., Ulvund, J. B., Nilsen, T. O., Staalstrøm, A. og Kristensen, T. 2014a. Vandringsåtferd og smoltifisering hjå laksesmolt frå Lærdalselvi—opphaldstid i ytre delar av Sognefjorden. INAQ rapport. 35 sider
- Urke, H., Ulvund, J. B. og Kristensen, T. 2014b. Vandringsmønsteret til laksesmolt oppstrøms og nedstrøms Stuvane kraftverk i Lærdalselvi sesongen 2013 og smoltutvandringmodell basert på datasett frå 2009, 2013 og 2014. INAQ Rapport 20 sider.

- Urke, H.A, Ulvund, J. B. og Kristensen, T. 2015. Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lærdalselvi 2014. INAQ Rapport.
- Urke, H.A., Haugen, T.O., Kjærstad, G., Alfredsen, J.A. & Kristensen, T. 2018. Laks- og aurebestanden i Strynevassdraget; vandringsmønsteret hjå laksesmolt og aure, ungfiskproduksjon og botndyr. – NMBU. MINA fagrapport 48. 56 s.
- White, G. C., og K. P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46:120–139.