



Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

2017

ISSN: 2535-2806

MINA fagrapport 41

Vandringsmønsteret til laksesmolt i Vossovassdraget med vekt på detaljert kartlegging av åtferd i innsjøsystema og effektar av miljøtilhøve

Thrond O. Haugen
Torstein Kristensen
Tom Ole Nilsen
Henning Andre Urke



Haugen, T.O., Kristensen, T., Nilsen, T.O. & 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. 85 s.

Ås, juni 2017

ISSN: 2535-2806

RETTSHAVAR

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

TILGJENGE

Open

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRA AV

Forskningsutvalet, MINA, NMBU
Reidar Borgstrøm, MINA, NMBU

OPPDRAAGSGJEVAR

Vossolaug
Hordaland fylkeskommune
Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond
(<http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=901242>)

FRAMSIDEBILDE

Utsyn frå utløpet til Evanger kraftverk. Foto: Henning A. Urke

NØKKELOD

Akustisk telemetri, atlantisk laks, kultivering, smoltutvandring, døgervandringar, overleving, vandringshastigheit

KEY WORDS

Acoustic telemetry, Atlantic salmon, stocking, smolt migration, river regulation, diel vertical migration, survival, migration speed

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

Torstein Kristensen, INAQ AS, Postboks 1223 Sluppen, 7462 Trondheim.

Tom Ole Nilsen (Tom.Nilsen@uni.no), Uni Research Miljø, Postboks 7810, 5020 Bergen.

Henning Andre Urke (henning.urke@inaq.no), INAQ AS, Postboks 1223 Sluppen, 7462 Trondheim.

Innhald

Summary	5
Samandrag	9
1 Innleiing.....	12
1.1 Målsetjingar	13
2 Metodikk	15
2.1 Områdeskildring	15
2.2 Smoltutviklingsfysiologi hjå klekkjeriprodusert fisk	16
2.3 Innsamling og akustisk merking av presmolt	16
2.4 Stasjonsnett - passive lyttebøyer.....	18
2.5 Manuell ettersøkspeiling i Evangervatnet og Vangsvatnet	24
2.6 Vassføring og vassstemperatur i elver og innsjøar	24
2.7 Vertikalprofilar for salinitet og temperatur i fjorden.....	26
2.8 Kvantitative analysar	27
3 Resultat.....	31
3.1 Deteksjonar	31
3.2 Vandrings i elv og innsjøar: når og kva styrer	32
3.3 Vandringsfart og opphaldstid i vatna og Bolstadfjorden.....	43
3.4 Vandrings i fjord	44
3.5 Lagnadsanalyser	47
3.6 Vandringsdjup	58
3.7 Smoltkvalitet.....	64
4 Diskusjon.....	65
4.1 Metodikk og datakvalitet	65
4.2 Vandrings og overleving i elvene og innsjøane	67
4.3 Fjordvandring og overleving	71
4.4 Kvalitet på klekkjerismolten.....	71
4.5 Predasjon og populasjonskollapsen	73
4.6 Vidare arbeid	75
5 Referansar	76
6 Vedlegg	81

Forord

Vi vil spesielt takke Geir Ove Henden og Ove Kambestad på Voss klekkeri for bistand i feltarbeid og tilrettelegging av fasilitetar, og Lerøy Sjøtroll Sørfjorden i samband med utplassering av lyttebøyer og opptak av utstyr. Utan denne eigeninnsatsen hadde ikkje prosjektet lete seg gjennomføre.

Vi takkar vidare John Birger Ulvund for gjennomføring av sjølve merkinga, Morten André Bergan for innsamling av villsmolt, Jarle Fadnes og Oddvar Drevsjø for lån av båt i Evangervatnet og Vangsvatnet, Kjersti Daae for samanstilling av vertikalprofilar for temperatur og salinitet, Rune Lunde, Jo Arve Alfredsen og Eivind Årseth for utplassering og innsamling av passive lyttebøyer, Helge Skoglund og Knut Alfredsen for tilrettelegging av vassføringsdata, Ola Midttun for kartgrunnlag og UNI Research Miljø for lån av akustiske lyttebøyer og bistand med innsamling av villsmolt. Espen Åsan takkast for hjelp til feltarbeid og ettersøk med manuell peilar. Bjørn Barlaup og Geir Ove Henden takkast for innspel til rapporten.

Eirik Normann skal ha stor takk for innsamling av vertikalprofilar og innhenting av lyttebøyer i Evangervatnet.

Prosjektet er finansiert av Vossolaugget, Hordaland Fylkeskommune og Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (901242).

Vi vonar at prosjektet har gjeve resultat som har auka kunnskapsgrunnlaget til gagn for Vossolaksen si framtid.

Ås/Trondheim 12.06.2017

Throno O. Haugen og Henning André Urke
NMBU og INAQ AS

Summary

*Haugen, T.O., Kristensen, T., Nilsen, T. O. & Urke, H.A. 2017. Migration pattern and survival in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt from the Vosso river system during the 2017 descent. Norwegian University for Life Sciences. MINA Fagrapport 41: 85 pp.*

The River Vosso population of Atlantic salmon (*Salmo salar*) was strongly reduced over the course of a few years during late 1980s, and has not recovered since, despite substantial mitigation efforts. The ultimate reason(s) for the population decline remains enigmatic, as are the causes for lack of recovery. After decades of poor returning numbers of naturally produced salmon, it seems likely that the causative factors are still in operation. Former studies indicate heavy mortalities of hatchery-produced smolts during migration through the inner fjord, and especially in the Bolstadfjord estuary. A large-scale acoustic telemetry study conducted during 2015 revealed high smolt mortality in both Evangervatnet and the Bolstadfjord estuary. Most of the Evangervatnet mortality was located close to the Evanger power plant. Analyses of power plant outlet water showed supersaturation of nitrogen and oxygen and was suggested as a possible mortality factor for the smolt.

Motivated by these findings, a large-scale telemetry study was set up for the 2016 smolt descent. Passive receivers (n=89) were organized into 19 cross-sectional transects dividing the migratory route into 20 zones from the Upper Vosso area to the Nordhordlandsbrua area in outer reaches of Osterfjorden. River mouths and the Evanger power plant area were covered with triangulation networks of receivers, allowing for detailed positioning. In total, 50 hatchery-reared and 150 wild salmon smolt were tagged with acoustic transmitters. All hatchery-reared smolt were tagged with ordinary 7.3×18 mm Id-transmitters and released into Upper Vosso area. Wild smolt were caught in and released into three river sections: Upper Vosso, Vosso and Bolstadelva. One-half of the 50 wild smolt from each river section was tagged with id-transmitters (IDT), and the other half with 7.3×22 mm depth-sensors transmitters (DST).

Altogether, more than 8 million tag detections were recorded during the mid-April to late August period, where 91.4% of the wild smolt were detected, and 46% of the hatchery-reared ones. All hatchery-reared smolt died prior to reaching Evangervatnet, and displayed highly differentiated behavior when compared to wild smolt in terms of time-of-day and day-of-year timing of migration. Furthermore, migration in this group was not correlated with environmental factors. The wild smolt from all three release sections displayed a strong positive correlation between onset of river descent and river discharge and/or water temperature. In all wild smolt groups, the initiation of river descent was largely synchronous and took place during nighttime. River descent started in mid-April for the earliest individuals in Upper Vosso, but ca 80% descended during the 3-12 May period that coincided with a flooding event. Because the migration of smolt from both Upper Vosso and Vosso was severely delayed by the unavoidable lake passage(s) of Vangsvatnet and Evangervatnet, these smolts experienced an up to two week later fjord arrival than smolt from Bolstadelva. The progression rate through the lakes were on average 0.23 body lengths/sec in Vangsvatnet and

0.06 body length per sec in Evangervatnet. Fjord migration rates were more similar among the three groups, ranging between one to three body lengths per sec. The first 25% percentile of tagged smolt arriving at Sjørfjorden/Nordhordlandsbrua arrived at May 8 (Bolstadelva smolt), May 15 (Vosso) and May 21 (Upper Vosso).

The smolt survival was low in both lakes and in the Straume-Stamnes estuary area. Smolt from Upper Vosso and Vosso tagged with IDT experienced higher mortality than individuals tagged with DST. A transmitter type effect on survival was not found in smolt from Bolstadelva. Survival through Vangsvatnet was 47% and 55% for wild smolt tagged with IDT and DST, respectively. The same numbers were 18% and 51% for Evangervatnet, and 54% and 57% for the Straume-Stamnes estuary area. Apart from the estuary survival, these numbers are high compared to other Atlantic salmon smolt migration studies, however most other studies constitute systems without lakes included in their migration route. Altogether, using DST data only, about 17% of the tagged smolt from Upper Vosso reach the sea (i.e., Stamnes), 25% from Vosso and 50% from Bolstadelva. These numbers are higher than in the 2015 study, and comparable to other lake-holding study systems. Capture-mark-recapture analyses revealed that mortality per km was highest in inlet areas to the lakes and right “downstream” Evanger power station. A backtracking survey conducted in late August documented aggregation of non-moving pinging transmitters in these areas.

Interpretations of the migration pattern and depth use indicated that predators ate a large fraction of the dead tagged smolt. Due to lack of predator behavior data from the system, these interpretations have not been verified. However, stomach-content data retrieved from large brown trout (*Salmo trutta*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) caught during the descent period (trap nets and rod-and-reel) showed smolt to be frequently eaten by the larger brown trout, but not by Arctic charr. Smolt with DST displayed diel vertical migration throughout the migration route, with the largest amplitude in the lakes and in Bolstadfjorden (mean 7 m in Vangsvatnet; 12 m Evangervatnet; 8 m Bolstadfjorden). The smolt used deep water during daytime and shallow during night. This diel vertical migration pattern can be attributed to anti-predation behavior, as can other aspects of the descent pattern: synchronous migration (shoaling), nighttime migration and migration during high water discharge conditions. The fjord diel vertical migration amplitude was less pronounced resulting in smolt having little contact with proper seawater before arriving the Nordhordlandsbrua area (~70 km beyond the Bolstadelva river mouth).

The differential effect from tag type on Vosso smolt survival (but not Bolstadelva smolt) indicates that the tag may affect the smolt negatively. IDT-tagged individuals had a higher relative tag weight compared to DST-tagged individuals (8.2% and 6.5% of body weight, respectively), resulting from larger individuals being chosen for the DST tags during the implantation process. Because DST-tagged individuals seemed less affected by the tag, we argue that individuals from this group resemble non-tagged individuals' survival and descent behavior to the largest extent, but even this group provides conservative estimates on the real smolt survival. Due to large inter-individual and spatial variation in survival, the mark-recapture analyses reveal little support for overall individual size or relative tag weight effects

on survival. Owing to the observed anti-predation behavior (diel vertical migration, nighttime migration, synchronous migration) and responsiveness to environmental cues many days after tagging and release, we argue that the tagging procedure only slightly affects the smolt behavior and survival. The acoustic telemetry method therefore proves relevant for studying patterns and processes affecting Atlantic salmon smolt migration in the Vosso river system, but for future monitoring of population size and absolute survival levels a less invasive tagging method such as passive integrated transponder (PIT) telemetry (combined with trap net and rotary screw trap) should be used. This latter method will also provide data on sea survival and number of spawning episodes in returning adults.

The hatchery-reared smolts, as in 2015, performed poorly during their river descent. This result indicates that the hatchery-reared smolt is not well adapted to the natural conditions and seemed to have low migration motivation. More than 50% of the individuals in this group were not detected at all after release, indicating either high predation rate or no down-stream migration (or both). The ones detected as migrators displayed suboptimal behavior. A large fraction migrated during daytime, they showed no response towards environmental cues and migrated largely asynchronous with other smolts. Most of them died in the Vangsvatnet inlet area. Analyses of hatchery-reared smolt gill enzyme activity revealed low levels $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$ (NKA) values ($<10 \mu\text{mol ADP/mg protein/hr}$) throughout the migration period and higher values in early April than during early May. This maladaptive NKA development trajectory occurred despite implementation of a novel light-regime during 2016 aiming at stimulating an earlier descent time than observed in 2015. Analyses of individuals from the same population of hatchery smolt performed by another laboratory showed higher NKA-values (mean= $12.3 \mu\text{mol ADP/mg protein/hr}$) in early May. These latter findings are also consistent with previous years' results, leaving our NKA-results dubious. The hatchery-reared smolt therefore seem to have adequate seawater tolerance at relevant time of descent but seem to have poorly developed migration motivation. These results indicate that the hatchery smolt may not be relevant as model organisms for understanding processes influencing natural smolt migratory behavior and migration survival in the Vosso river system. Environmental conditions and production protocols at the hatchery ought to be assessed and revised to enable migration synchronicity with wild smolt in the river.

The main conclusion from the project is that the Vosso river system smolt is subjected to large predation pressure, most likely from large brown trout, during their descent and that Vangsvatnet, Evangervatnet and Straume-Stamnes area constitute key survival bottlenecks. The environmental conditions in areas directly influenced by the Evanger power plant are not acutely lethal to the smolt. However, the combined effects from altered water current conditions, dissolved gas super saturation and cold-water temperatures imposed by the power plant outlet water may increase the smolt's lake residence time and thus exposure time to predators. The most relevant way to address this potential complex effect on smolt survival from the power plant would be to stop the power plant during parts of the smolt descent period for detailed mapping of the smolt behavior response during such periods. The project strongly recommends a multi-year study on the predator fish behavior and diet in the Vosso river system to better understand smolt-predator interactions in this system. Such a study will

potentially reveal the relative importance of resident vs anadromous predator contribution to the smolt mortality. Furthermore, such data will prove pertinent for addressing if degree of brown trout anadromy is decreasing in the Vosso river system. Increased brown trout freshwater residency may increase salmon smolt predation in freshwater and challenge the ongoing salmon re-establishment program.

Samandrag

Vossolaksen gjekk sterkt attende over ein kort periode på slutten av 1980-talet og vart freda frå og med 1992. Det er framleis ikkje kjent kva som gjorde at laksen gjekk sterkt attende, og kva som gjer at laksestamma ikkje byggjer seg opp att, trass i ei rekkje tiltak. Det kan sjå ut som at problemfaktor(ane) ikkje har endra seg fram til i dag. Tidlegare merkestudier tyder på eit stort tap av utvandrande klekkjerismolt i indre fjordstrok og særleg i Bolstadfjorden. I 2015 vart det gjennomført ein akustisk telemetristudie som fann særst høgt smoltdødelegheit i Evangervatnet, og særleg i området ikring Evanger kraftverk. Det vart spekulert i om gassovermetting frå kraftverksvatnet kunne gje auka dødelegheit, anten akutt eller indirekte ved at smolten vert meir utsett for predasjon under påverknad av gassovermetta vatn. Det vart difor gjort framlegg om at vandringsåtferd og overleving skulle kartleggjast i heile ferskvassutvandringsruta i 2016, med særleg detaljert kartlegging i Evangervatnet og alle osområda.

Dette prosjektet har kartlagt vandringsmønsteret og overlevinga hjå vill- og klekkjeriprodusert laksesmolt frå ulike delar av Vossovassdraget ut til Nordhordlandsbrua i 2016-sesongen. Det vart nytta akustisk telemetri med 89 lyttebøyer i eit lyttegardinoppsett som delte utvandringsruta inn i 20 soner (13 i ferskvatn og 7 i fjorden). Lyttebøyene var operative frå midten av april til månadsskiftet august-september. Området ved Evanger kraftverk vart dekkja med eit trianguleringsoppsett for meir detaljerte analysar enn elles i vassdraget. I alt vart 150 ville smolt og 50 klekkjeriprodusert smolt merka med akustiske merke. Klekkjerismolten vart alle sett ut oppstraums Vangsvatnet (Øvre Vosso). Den merka villsmolten kom frå tre ulike seksjonar av Vossovassdraget der 50 individ vart merka i kvart segment. Dei vart fanga inn og sett ut att i Øvre Vosso, Vosso og Bolstadelva, og halvparten (25 stk.) innan kvar gruppe fekk merke med djupnesensor medan den andre helfta vart merka med vanlege id-merke.

Det vart i alt registrert meir enn 8 millionar deteksjonar, og 91,4% av villsmolten vart detektert etter at dei vart sett ut, medan 46% av klekkjerismolten vart detektert. All klekkjerifisk døyde før dei kom til Evangervatnet, og dei hadde særst avvikande åtferd både i høve til når dei vandra på døgeret og kva for dato dei vandra, samt at vandringa deira ikkje korrelerte med miljøtilhøva. Villsmolten frå alle dei tre utsettstadane hadde særst tydelege positive korrelasjonar mellom vassføring og/eller vassstemperatur og når dei starta på nedvandringa. Alle gruppene hadde synkron nedvandring, og dei aller fleste vandra om natta. Dei fyrste vandrarane sette i gang vandringa frå midten av april (særleg frå Øvre Vosso), men 80% frå alle dei tre utsettstadane vandra på flaumen som fann stad 3.-12. mai. Sidan nedvandringa hjå villsmolten frå Øvre Vosso og Vosso vart kraftig forseinka gjennom innsjøane (Vangsvatnet og Evangervatnet) vart datoen dei kom ut til Bolstadfjorden ulik for dei tre gruppene, med tyngdepunkt 8. mai for Bolstadelvfisken, 18. mai for Vossofisken og 16. mai for Øvre Vossofisken. I det store og heile var vandringsfarta aukande nedover utvandringsruta, og gjennomgåande særst låg gjennom innsjøane (snitt: 0,23 kroppslengder/sek i Vangsvatnet og 0,06 kroppslengder/sek i Evangervatnet). Den fjordvandrande smolten (utanfor Stamnes) vandra i det store og heile med 1–3

kroppslengder/sek. Dei 25% tidlegaste vandrarane kom til Sørfjorden-Nordhordlandsbrua-området frå 8. mai (Bolstadelvfisken), 15. mai (Vosso) og 21. mai (Øvre Vosso).

Smoltdødelegheita var høg gjennom begge innsjøane og i området Straume-Stamnes. Smolt med id-merke frå Øvre Vosso og Vosso hadde lågare overleving enn tilsvarende djupnemerka fisk, medan merkegruppene hadde lik overleving hjå Bolstadelvsmolten. Mellom 47% (id-merka) og 55% (djupnemerka) overlevde vandringa gjennom Vangsvatnet, og mellom 18% og 51% overlevde gjennom Evangervatnet. For estuarieområdet mellom Straume og Stamnes overlevde mellom 54 og 57% av id-merka og djupnemerka smolt. Med unntak av området Straume-Stamnes er desse dødelegheitene høgare enn normalt for utvandrande laksesmolt, men i dei fleste andre undersøkingane manglar innsjøar i utvandringsruta. Om ein legg tala for dei djupnemerka individa til grunn, overlever om lag 17 % av den merka villsmolten frå Øvre Vosso, 25% frå Vosso og 50% frå Bolstadelva frå utsettstaden til Stamnes (som kan reknast som yttergrensa til estuariet). Desse overlevingstala (for Vosso og Bolstadelvgruppene) er litt høgare enn for 2015-undersøkinga, og er godt innanfor kva som elles er rapportert frå andre laksesystem med innsjøar i utvandringsruta. Merke-atfangstanalysar synte at i begge innsjøane var det høg dødelegheit pr. km i områda rett utanfor innosen, men i Evangervatnet var det òg høg dødelegheit pr. km i områda rett «nedstraums» Evanger kraftverk i begge åra. Dette vart verifisert med ettersøk med manuell peilar i september der det vart detektert mange 'pingande' merke i desse områda.

Tolking av åtferda til den registrerte fisken synte at ein stor del av den daude fisken vart eten av fiskepredatorar, men desse tolkingane kan vere usikre då vi ikkje har data på typisk predatorfiskåtferd frå systemet. Fiske med stong og storruse som vart gjennomført i Evangervatnet under smoltutvandringa synte at aure i systemet ofte hadde smolt i magen, men ikkje røyene. Fisk med djupnemerke viste tydelege vertikale døgervandringar gjennom heile utvandringsruta, med størst døgeramplitudar i innsjøane og i Bolstadfjorden (snitt: 7 m i Vangsvatnet, 12 m i Evangervatnet og 8 m i Bolstadfjorden). Smolten gjekk djupt på dagtid og grunt om natta, noko som er typisk antipredatoråtferd og som difor passar fint inn med smolten si synkrone vandring (stimming), vandring om natta og vandring under høg vassføring. I fjorden var amplitudane mindre og smolten gjekk sjeldan ned i vasslag med sjøvatn.

Den negative effekten av id-merket på overleving hjå villsmolt som var merka og sleppt i særleg Vosso (men ikkje i Bolstadelva) peiker på at merket og/eller merkeprosedyren påverkar smolten negativt. Dei id-merka individa hadde i snitt ei høgare merkevekt i forhold til kroppsvekta (8,2%) enn djupnemerka (6,5%) fisk, sidan større fisk vart plukka ut til djupnemerke for å kompensere for at desse merka er litt større. I og med at den djupnemerka smolten var noko mindre påverka meiner vi at overlevinga og vandringsåtferda til denne gruppa ligg nærast opp mot den umerka villfisken, men det er rimeleg å gå ut frå at overleving hjå denne gruppa truleg òg er lågare enn for den umerka smolten, og at estimata frå denne studien difor utgjer *minsteestimat*. Fordi det var stor individ- og romleg variasjon i overlevinga var ikkje dødelegheita korrelert med storleik på smolten eller relativ merkevekt. Smolten hadde døgerlege vertikalvandringar, reagerte på miljøstimuli og vandra synkront mange dagar etter merking og utsett. Vi meiner difor at metoden i det store og heile i liten

grad påverkar dei underliggjande dødelegheits- og vandringsprosessane som er aktive i dette studiestystemet. Det vart difor konkludert at AT-metoden fangar opp dei store linene i dødelegheitsmønsteret og vandringane på ein representativ måte i Vossosystemet. For framtidens overvaking av smolten i Vossovassdraget meiner vi at dei mest pålitelege tala for estimering av absolutt populasjonsstorleik og dødelegheit under utvandringa lyt basere seg på PIT-telemetry kombinert med innfangning i smoltskruve/storruser. Om det kjem på plass ein velfungerande, heilårleg PIT-antenneteknologi som gjev tilfredstillande resultat, vil denne òg gje informasjon om sjøoverleving og tal på gyteepisodar hjå den utvandrande merka smolten som kjem attende som kjønnsmoden laks etter sjøopphaldet.

Klekkjerismolten sin høge dødelegheit, som òg vart funne i 2015, skuldast truleg at denne smolten ikkje var rett kalibrert til eit opphald i naturleg miljø, og at den ikkje hadde den same motivasjonen til å vandre ut av vassdraget. Over halvparten av klekkjerismoltane vart ikkje detektert etter utsett, noko som kan tyde på at dei anten vart lette bytte for predatorar i Øvre Vosso eller at dei stod att i elva og ikkje vandra nedstraums i det heile teke. Av dei som vandra hadde dei aller fleste ikkje-optimal anti-predatoråtfærd (vandra på dagtid, ikkje når det var flaum, ikkje synkront med andre smolt) og dei døydde nesten alle saman i innsområdet av Vangsvatnet. Det er på det reine at klekkjerismolten ikkje presterte optimalt, og NKA-målingar synte òg at dei fleste hadde relativt låge verdiane (<10 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$) i fyrste halvdel av mai, og at verdiane var høgare i byrjinga på mars enn i siste del av april. Då målingar frå andre laboratorium på smolt frå dei same klekkjeritankane synte høgare verdiane 3. mai (snitt 12,3 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$) er de usikkert i kva grad verdiane faktisk er låge hjå klekkjerismolten. Trass i at ljøsregimet vart endra for å sjå om dette kunne stimulere klekkjerismolten til å vandre tidlegare i 2016 enn han gjorde i 2015, såg ikkje dette ut til å gje dei ynskja resultat. Slik stoda er med klekkjerismolten i Vosso no er han ueigna som modellfisk for villsmolten og det kan synest som at det er vandringsvilja og ikkje sjøvass toleransen som er problemet.

Prosjektet konkluderer med at Vossosmolten er utsett for høg predasjon, mest truleg frå stor aure i både Vangsvatnet, Evangervatnet og Straume-Stamnes. Miljøtilhøva ved Evanger kraftverk er ikkje akutt dødelege for smolten, men predasjonen i Evangervatnet kan vere særskilt høg pga mogleg forseinking i utvandringa grunna endra vasskvalitet, temperatur og straumtilhøve ved kraftverket. Den mest effektive måten å finne ut av den eventuelle totale effekten frå kraftverket vil vere å stogge kraftverket i periodar under utvandringa for å sjå om dette påverkar overlevinga, åtfærd og framdrifta hjå laksesmolten. Då vi veit særskilt lite om predatorane i dei to innsjøsystema, særleg kva rolle stasjonær røye og aure, og sjøaure spelar, gjer prosjektet framlegg om at det i nær framtid vert gjennomført ei telemetristudie av desse, kombinert med innfangning med storruse for mageanalysar. Ein slik studie vil kunne gje svar på den relative rolle stasjonær og anadrom aure har på smoltpredasjonen i vassdraget. Denne informasjonen, saman med annan overvakinginformasjon, vil vere viktig for å vurdere om auren er i ferd med å verte meir stasjonær og difor ein aukande trugsel for reetablingsprogrammet for laks i Vossovassdraget.

1 Innleiing

Frå 1987 til 1988 gjekk sportsfiskefangstane av laks dramatisk ned i Vossovassdraget, og dei låge fangstane heldt fram i åra som følgde. Det heile enda med at Vossolaksen vart freda frå og med 1992. Det kom eit nytt krakk i gytebestanden i 1993, og frå dette året dominerte rømd oppdrettslaks i stamfisket til og med 2009. Med fredinga vart det stans med både sportsfiske i elv og i sjøfisket. Trass i fredinga har Vossolaksbestanden halde seg låg. Dette peiker i retning av at ein eller fleire faktorar som ikkje kan knytast til fisketrykk har halde bestanden nede gjennom fleire tiår. Kva denne faktoren, eller desse faktorane er, er ikkje kjent. Faktorar som forsureing, lakselus, rømt oppdrettslaks og effektar av regulering, har vore framsett som skadelege for Vossolaksen. Ein meir samla gjennomgang av bestandsutviklinga, trugselfaktorar og avbøtande tiltak er gjeve i ei eiga utgreiing frå Miljødirektoratet (Barlaup 2013). Stor produksjon av kultivert smolt i Evangervatnet og sleping av smolt bidrog til at gytebestandsmålet er nådd frå 2010 og seinare år.

Tidlegare studiar av laksefiskvandringar har sett søkeljoset på estuariet og Osterfjorden (Vollset m. fl. 2016b), og det vart i desse studiane påvist høg dødelegheit i indre fjord. Resultat frå ein åtferdsstudie (akustisk telemetri) som vart gjennomført i 2015 i Vossovassdraget synte at både klekkjerismolt og villsmolt av laks hadde særskilt høg dødelegheit gjennom dei fyrste tre kilometerane av Evangervatnet samt i delar av Bolstadfjorden (Haugen m. fl. 2016). Då særskilt mange smolt døydde i området ikring Evanger kraftverk vart det diskutert om stressfaktorar som gassovermetting (sjå til dømes Pulg m. fl. (2016)), eller andre tilhøve ved vatnet frå kraftverket kunne påverke smolten negativt. Det vart difor vedteke å gjennomføre ein meir detaljert telemetristudie i 2016. I denne studien skulle vandringsmønsteret til vill laksesmolt frå øvre del av Vosso (oppstraums Vangsvatnet), frå Vosso og frå Bolstadelva dokumenterast gjennom heile utvandringsruta og ut Bolstadfjorden, med særskilt vekt på å kartleggje vandringsmønster i innsjøane.

Akustisk telemetri er ein teknologi som er mykje nytta i fiskeøkologiske undersøkingar av vandringar i vassdrag-, fjord- og kystsystem (t.d. Thorstad m. fl. 2004&2007; Urke m. fl. 2013). Gjennom å merke fisk med akustiske sendarar, og utplassere eit nettverk av passive lyttebøyer 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 (radiotelemetri kan berre brukast for grunne tilhøve i ferskvatn), og er difor ein særskilt god metode for kartlegging av heile elve- og fjordvandringa hjå laksesmolten.

Mykje av kunnskapen om smolt og smoltutvandring i Noreg er nyleg oppsummert (Ugedal m. fl. 2014). Uttrykket smoltifisering vert nytta 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). Denne prosessen er styrt av ein indre biologisk rytme som vert synkronisert av fisken sine ytre miljøtilhøve, slik at utvandringa finn stad på eit tidspunkt som er optimalt i høve til overleving og vekst (Hoar 1988; Hansen 1993). Tidspunktet for når fisken har utvikla sjøvasstoleranse er delvis kjent for Vossostamma, gjennom fleire laboratorieforsøk ved Universitetet i Bergen og prøvetaking av fisk frå Voss klekkeri. Dette er viktig informasjon

med tanke på avgrensing av perioden der vassføring og andre miljøvariablar kan påverke smoltutvandring. Nilsen m. fl. (2007) fann òg relativt høge NKA verdiar hjå Vossostamma i midten av april. Desse funna peiker i retning av ein tidleg utvandring hjå Vossosmolten, noko som kan vere ei lokal genetisk tilpassing til ei lang og tidkrevjande utvandringsrute gjennom ferskvatn og brakkvatn.

Resultata frå 2015 sesongen synte at klekkjerismolten vandra asynkront ut av vassdraget og over ei lang periode, og det vart ikkje funne nokon utvandringsrespons til korkje vassføring eller temperatur. Klekkjerismolten vandra òg seinare enn villsmolten i 2015-studien (Haugen m fl 2015). Sesongen 2016 ynskte vi difor å sjå på om utvandringa kunne framskundast gjennom å endre simulert døgerregulering frå det tidlegare regimet som hadde smoltifisering medio mai som mål. For å prøve å framskunde tidspunktet, fekk presmolten kontinuerleg ljøs frå 1. mars. Effekt av dette vart dokumentert gjennom innsamling av vevsprøver på gjeller for å sjå på relevante enzym. I tillegg vart ei gruppe av klekkjerismolt akustisk merka og sett ut i Øvre Vosso, samstundes med at det også vart sett ut akustisk merka vill presmolt av laks på same stad.

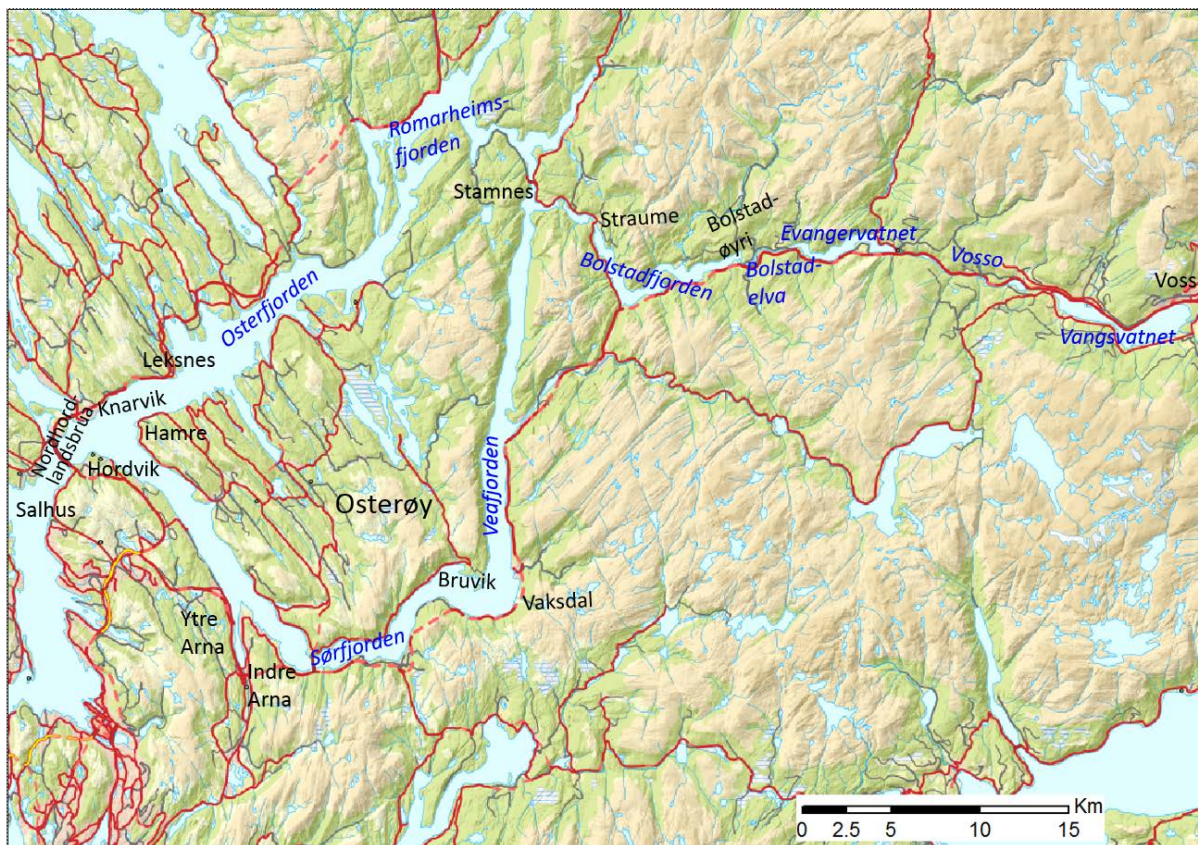
Ny teknologiutvikling har gjeve akustiske merke med djupnesensarar som òg kan nyttast på laksesmolt. Gjennom å nytte slike merke kunne vi kartleggje djupnebruken til laksesmolten gjennom vandringa mot havet. Denne informasjonen har ikkje tidlegare vore kartlagt hjå vill laksesmolt.

1.1 Målsetjingar

Dette prosjektet har hatt som hovudmålsetjing å dokumentere vandringsmønsteret til vill laksesmolt frå øvre del av Vossovassdraget og ut til Straume - med fokus på detaljert kartlegging av åtferd i innsjøsystema (Evangervatnet og Vangsvatnet) og utosen til Bolstadelva.

Delmål:

- Kartleggje utvandringstidspunkt og miljøvariablar som styrar dette, til vill laksesmolt frå ulike delar av Vossovassdraget
- Kartleggje detaljert vandringsmønster til vill laksesmolt i innsjøar og innløpsosar gjennom trianguleringsoppsett og manuell peiling
- Samanstille vandringsdata med miljødata (gassmetting, oksygenmetting, temperatur og vassføring).
- Evaluere smoltkvalitet og prestasjonar til klekkjerismolt etter justeringar i ljøsregime for om mogleg å sikre tidlegare og meir synkron utvandring.



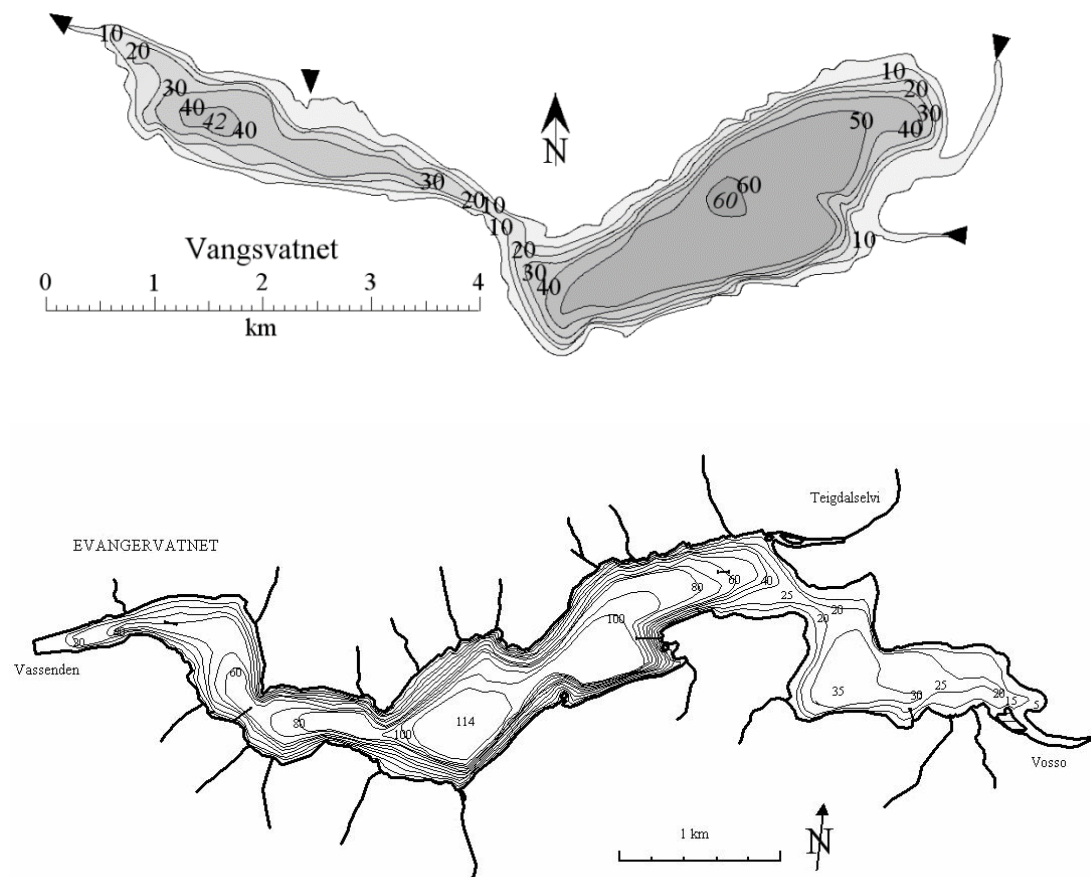
Figur 1. Kart over studiesystemet med sentrale avsnitt.

2 Metodikk

2.1 Områdeskildring

2.1.1 Vossovassdraget

Vossovassdraget er det største vassdraget i Hordaland (Figur 1). Den største innsjøen i vassdraget er det 8 km² store Vangsvatnet. Ut frå Vangsvatnet renn Vosso via Evangervatnet og ut i Bolstadvfjorden. Den anadrome strekninga i vassdraget er om lag 35 km. Av dette utgjør innsjøane omlag 18 km. **Bolstadelva** utgjør ei omlag 3,5 km lang elvestrekning frå Evangervatnet til Bolstadvfjorden. Frå Vangsvatnet til Evangervatnet utgjør **Vosso** omlag 10 km, og vidare er det ei 1,5 km elvestrekning frå Vangsvatnet og opp til samlaupet mellom Strandaelva og Raundalselva (**Øvre Vosso** i denne studien). På strekninga nedstrøms Vangsvatnet har Vossovassdraget ei rekkje sidevassdrag. Teigdalselva (147,5 km²) er det største av desse og munnar ut i Evangervatnet. Dette vassdraget er regulert med overføringer frå øvre del av nabovassdraga i Eksingedalen og Modalen. Fyrste del av reguleringa vart gjennomført i 1969 og det er seinare utført nokre mindre tilleggsreguleringar. Vatnet frå denne reguleringa renn ned i Evanger kraftstasjon og vert sleppt ut i Evangervatnet (Barlaup m fl. 2004).



Figur 2. Djupnekart over Vangsvatnet (øvt) og Evangervatnet. Karta er henta frå Hauge (1957) og Sægrov og Hellen (1998).

2.1.2 Bolstadjorden og fjordane ikring Osterøy

Bolstadelva renn ut i Bolstadjorden ved Bolstadøyri (Figur 1). To av sunda i fjorden er berre 100 m breie, og fjorden strekkjer seg 16 km ut til Veafjorden. Veafjorden er ein av tre fjordar kring Osterøy, som strekkjer seg 24 km frå Vaksdal og Sørfjorden i sør til Stamnes og Indre Osterfjorden i nord. Sørfjorden, er ein arm av Osterfjorden på sørvest- og sørsida av Osterøy. Fjorden strekkjer seg frå Veafjorden i aust til Osterfjorden i nord.

2.1.3 Voss Klekkeri

Stiftinga Voss Klekkeri er eit samarbeid mellom elveeigarlag, Voss kommune, BKK og Voss Jeger og Fiskarlag. Stiftinga arbeider fyrst og fremst med å styrkje laks-og sjøaurebestanden i Vossovassdraget. Voss Klekkeri har nytta tre ulike måtar å kultivere Vossolaksen i vassdraget på. Dette er planting av augerogn, utsetjing av startfôra yngel, og smoltproduksjon i samarbeid med Vossolaugget i Evangervatnet. Det vert òg produsert smolt på Voss Klekkeri til forskning i regi av Uni Research Miljø. Vossolaksen er teken vare på i levande genbank. Dei siste 10 åra er det stort sett berre attendeført genbankrogn som er nytta til kultiveringa.

Ljosregimet i klekkjeriet er sett til å gje smoltifisering i midten av mai. Fisken går i 24 timar ljøs fram til 14. november. Den 15. november byrjar ljøsstyringa med kortare daglengder ut året.

Våren 2016 vart det gjort justeringar i ljøsregimet, ved at fisken vart gjeve kontinuerleg ljøs om lag 3 veker tidlegare. Fisken vart gjeve ein auke i daglengde med 10 til 13 timar i laupet av februar fram til 24 timar ljøs frå 1. mars. Vasstemperaturen auka frå 1,5 °C i februar til 3 °C den 29. mars. Den 4. mai var vasstemperaturen 5,5 °C.

2.2 Smoltutviklingsfysiologi hjå klekkjeriprodusert fisk

Måling av saltreguleringsenzymet Natrium-Kalium ATPase (NKA) er ein ofte nytta metode for å vurdere utvikling av sjøvasstoleranse hjå laksesmolt gjennom smoltifiseringsforløpet. Har fisken høg gjelle NKA verdi, reflekterer dette ofte god sjøvasstoleranse.

Prøvetaking av klekkjerifisk for analyse av NKA i gjeller fann stad frå 3. mars, og om lag kvar andre veke fram til fisken vart sett ut. Eit utval fisk (n=6) vart avliva for kvar målerunde, og gjelleboge nummer to på høgre side av fisken vart dissekert ut. Desse vart så lagt i 1,5 ml røyr med 1 ml SEI buffer og frose ned direkte. Seinare analyser av NKA enzymaktivitet vart utført av UNI Research Miljø og Pharmaq Analytiq etter metodikk omtalt i McCormick (1993).

2.3 Innsamling og akustisk merking av presmolt

Utvandringstidspunkt og marin åtferd til smolt av laks vart undersøkt med akustisk telemetri i Øvre Vosso, Vosso og Bolstadelva, samt fjordsystemet utanfor (Bolstadjorden, Veafjorden og Sørfjorden) heile vegen ut til Frekhaug/Salhus (Nordhordlandsbrua). Presmolt vart fanga inn med elfiske og merka i perioden 14.-16. april 2016. Det vart merka 50 presmolt av laks i Øvre Vosso (etter samlaupet Raundalselvi-Strandaelva), 50 presmolt av laks frå Vosso i

området ikring Tverrelva, og 50 presmolt av laks i Bolstadelva (Figur 4, 6 og 7). I kvart elvesegment vart det merka 25 presmolt med ID merke og 25 presmolt med djupnesensor.

I Øvre Vosso vart det òg sett ut 50 akustisk merka klekkjerismolt frå Voss klekkeri der alle hadde ID merke.

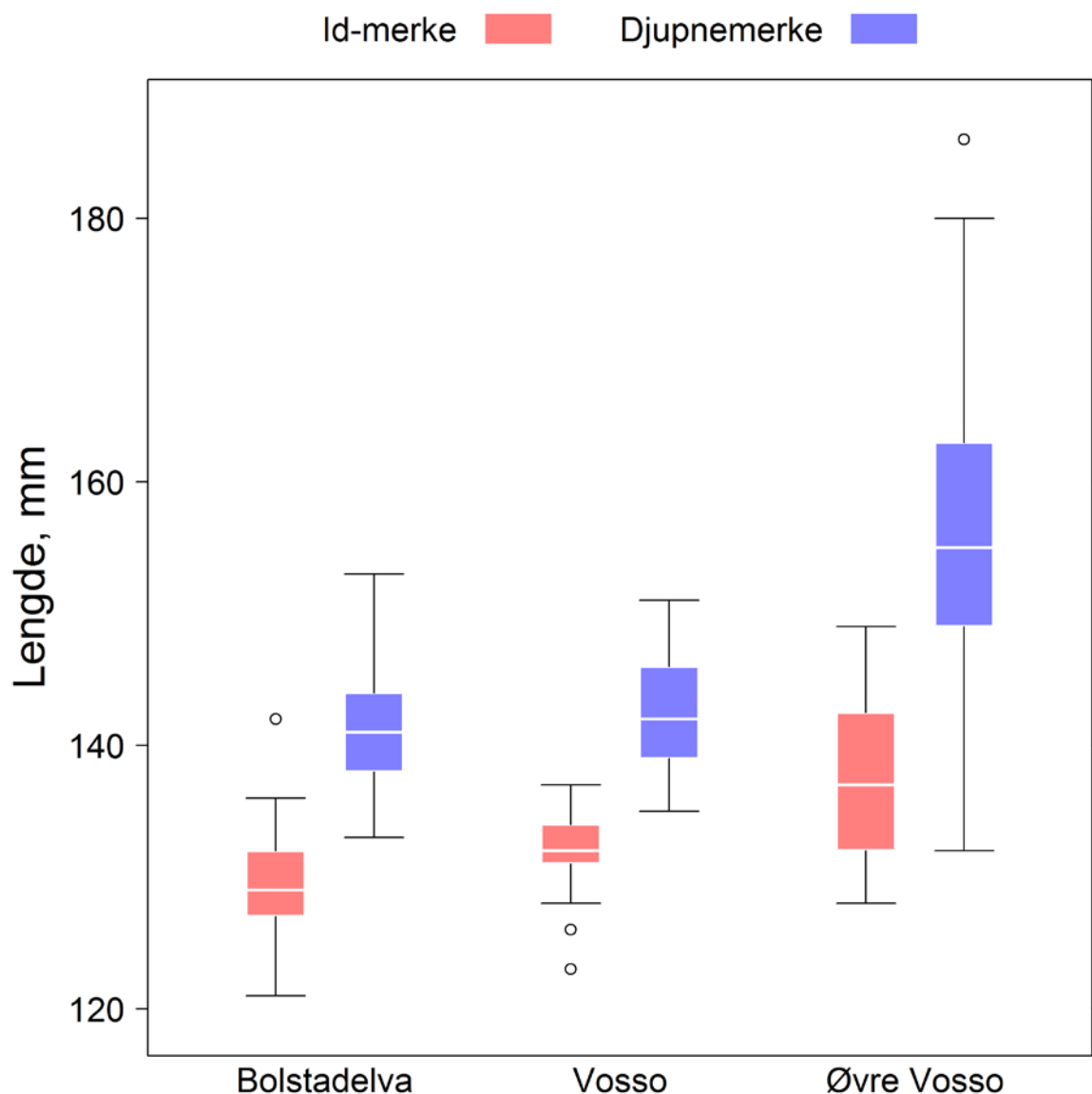
Det vart nytta to typar akustiske merke: standard smoltmerke som sender ut ID og eit nyleg utvikla merke med djupnesensor (og ID). Merka som vart nytta vert produsert av Thelma Biotel (www.biotel.no). Eigenskapane til dei to merketypane er vist i Tabell 1. Desse merka er programmert til å sende ut ein unik ID-kode som identifiserer kvar einskild fisk med eit periodisk intervall på 30 til 90 sekund. Sendarrekkevidda til merka avheng av dei akustiske tilhøva i vatnet ikring mottakarane, og kan variere frå nokre meter og opp til 300 m.

Dei akustiske merka vart implantert gjennom å følgje ein kirurgiprotokoll som kjem fram av Urke m. fl (2013a). Den same protokollen har vorte nytta i ei rekkje tilsvarande prosjekt på utvandrande smolt av både aure og laks (Kristensen m fl 2011; Urke m fl 2011; Urke m fl 2013a,b; Lunde 2014; Urke m fl 2015).

Same rutine vart òg nytta i 2015-forsøka i Vosso (Haugen m fl 2016). Under merkinga vart dei to merketypane implantert om kvarandre, men fordi djupnemerket er litt større enn id-merket vart nedre smoltstorleik for djupnemerke sett til 13 cm, medan tilsvarande for Id-merka vart sett til 12 cm. Vekta av merket samanlikna med fiskevekta (ut frå k-faktor = 0,9) var i snitt $6,5 \pm 1,3\%$ (\pm SD) (variasjon: 3,1–8,7)) for djupnemerka og $8,2 \pm 1,0$ (5,7–10,7)) for Id-merka villfisk, medan id-merka klekkjerismolt hadde følgjande tal: $5,9 \pm 1,0\%$ (3,7–7,6). Løyve frå Mattilsynet, jf. Forskrift om forsøk med dyr 18.06.2015, § 6 og 12, vart innhenta (FOTS id 8611; ref 2016/53057).

Tabell 1. Fysiske eigenskapar hjå dei to merketypane som vart nytta i studien

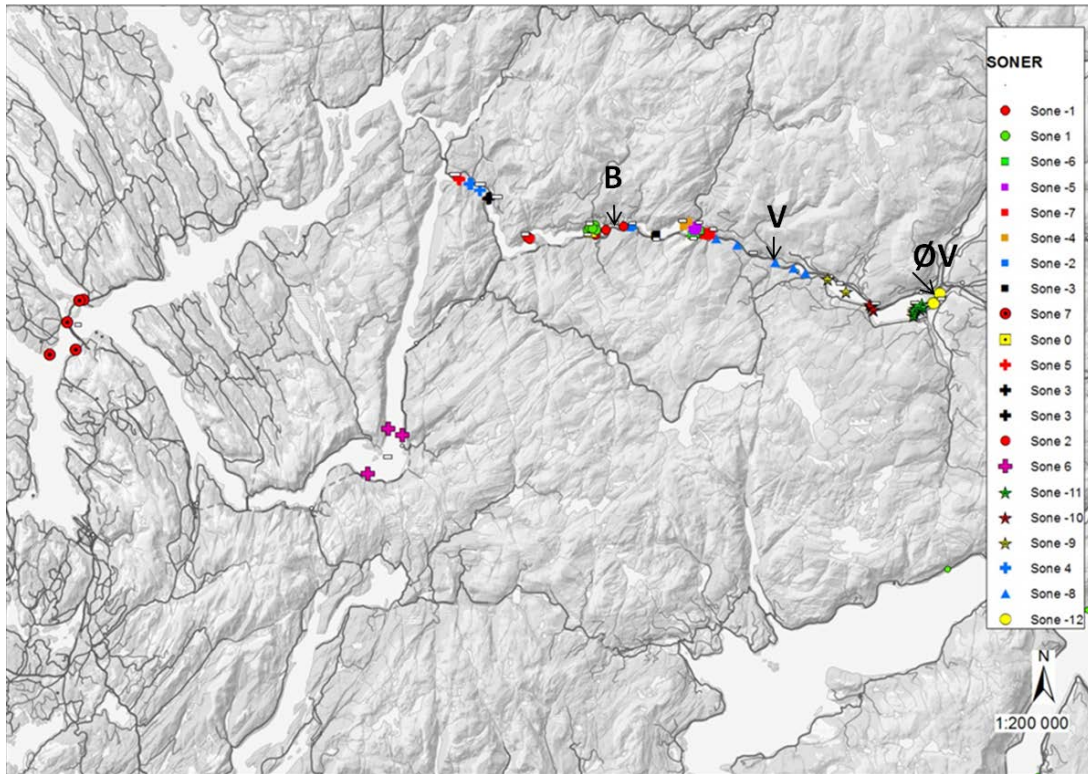
	Djupnemerke (ADT-LP 7.3)	Id-merke (AT-LP-7.3)
Lengde (mm)	22	18
Diameter (mm)	7,3	7,3
Vekt (luft)	2,0	1,9
Vekt (vatn)	1,1	1,2
Effekt (dB re 1 μ Pa@1m)	139	139
Levetid (mnd)	6	7



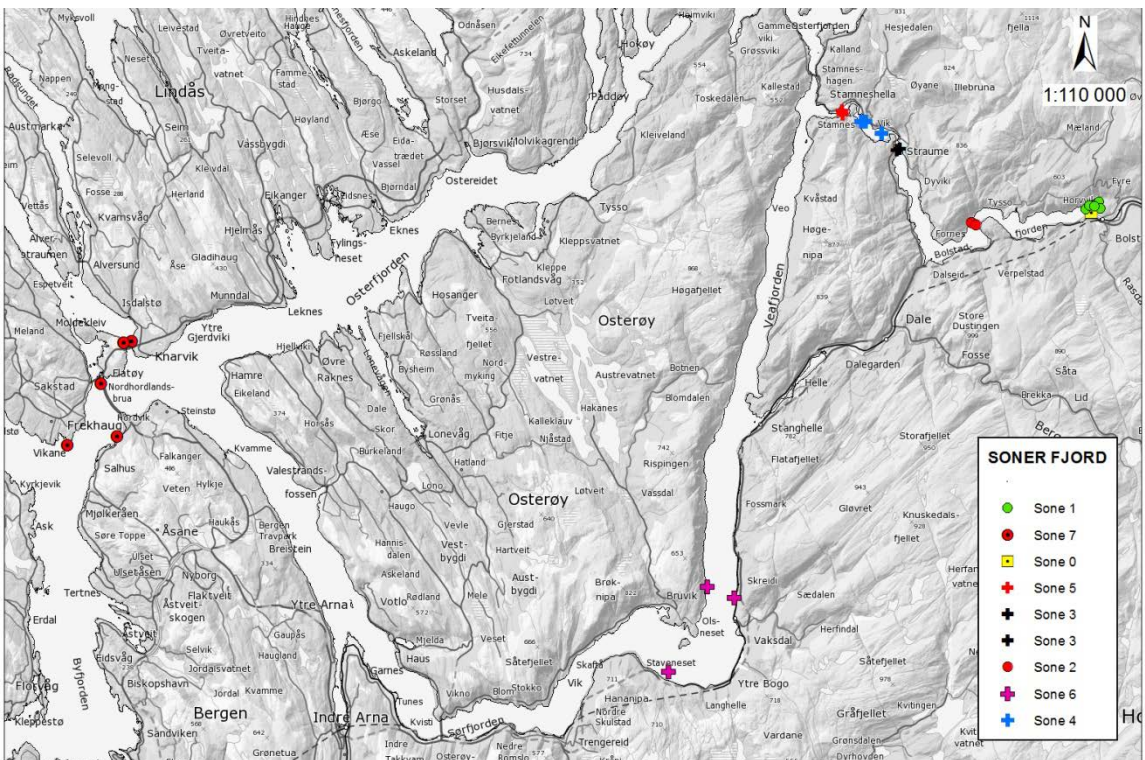
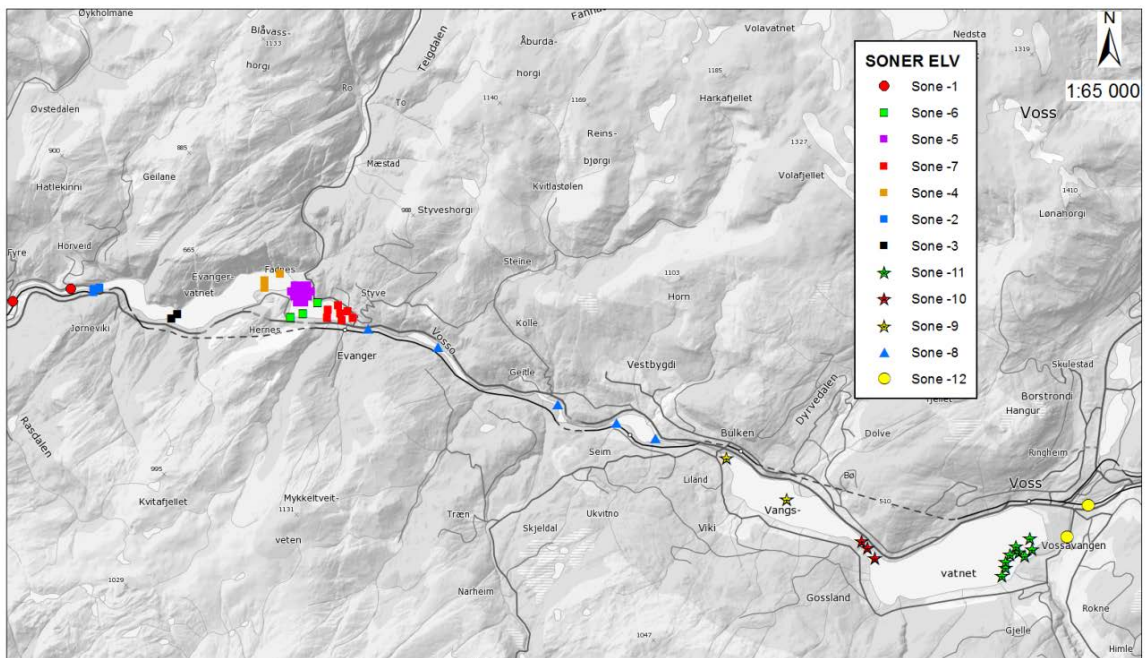
Figur 3. Boxplott av storleiksfordelingane hjå den AT-merka smolten fordelt på merke type og utsettstad. 90% av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50% av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla.

2.4 Stasjonsnett - passive lyttebøyer

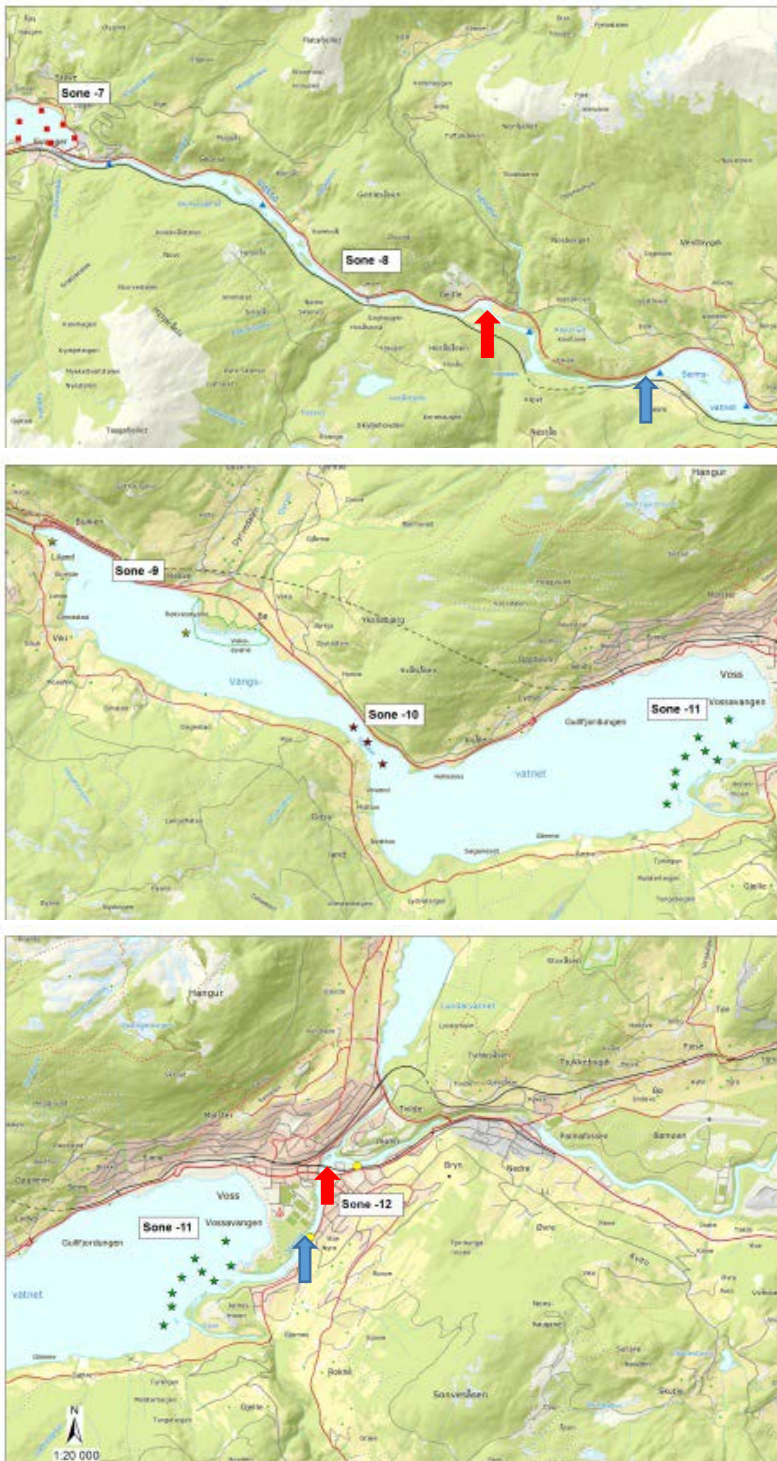
Passive lyttebøyer (VR2W, Vemco: <http://vemco.com/products/vr2w-69khz/>) vart plassert i vassdraget (elvane, Vangsvatnet og Evangervatnet) og i fjorden utover til Knarvik (Figur 4-Figur 10) i veke 15 (i forkant av utsett av akustisk merka fisk i vassdraget). Lyttebøyerne vart sett ut slik at vi i alt hadde 20 mottaksområde, med 13 i ferskvatn og 7 i sjøen. Mottakarane vart teke opp i slutten av august/tidleg september.



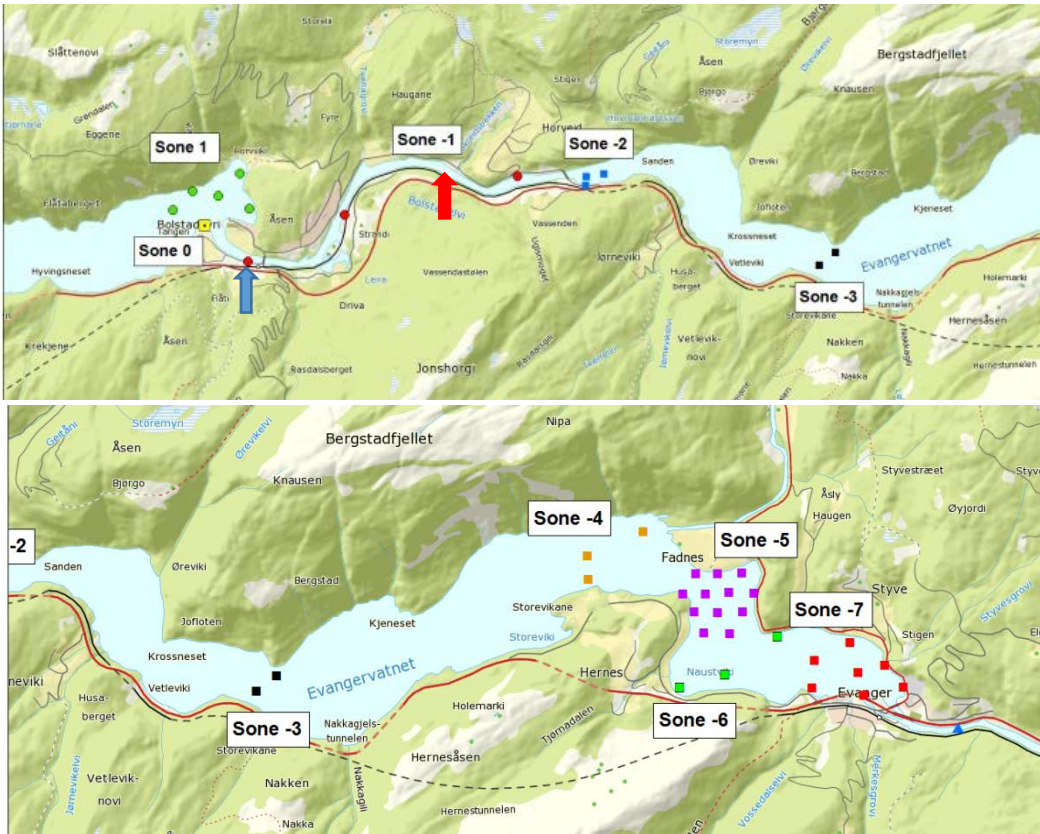
Figur 4. Stasjonar for passive lyttebøyer og deira sone-tilknytning, med utsettsstad for akustisk merka vill smolt i Bolstadelva (B), Vosso (V) og Øvre Vosso (ØV) sesongen 2016. I ØV vart det òg sett ut akustisk merka klekkjerismolt frå Voss klekkeri.



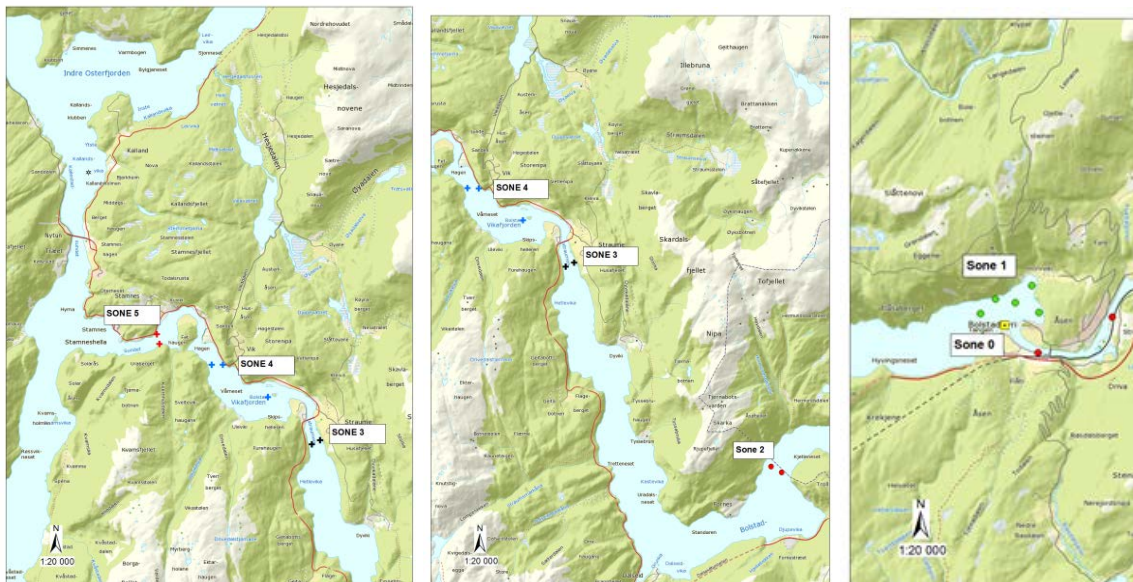
Figur 5. Stasjonar for plassering av passive lyttebøyer i vassdraget (øvt) og i fjord (nedst)



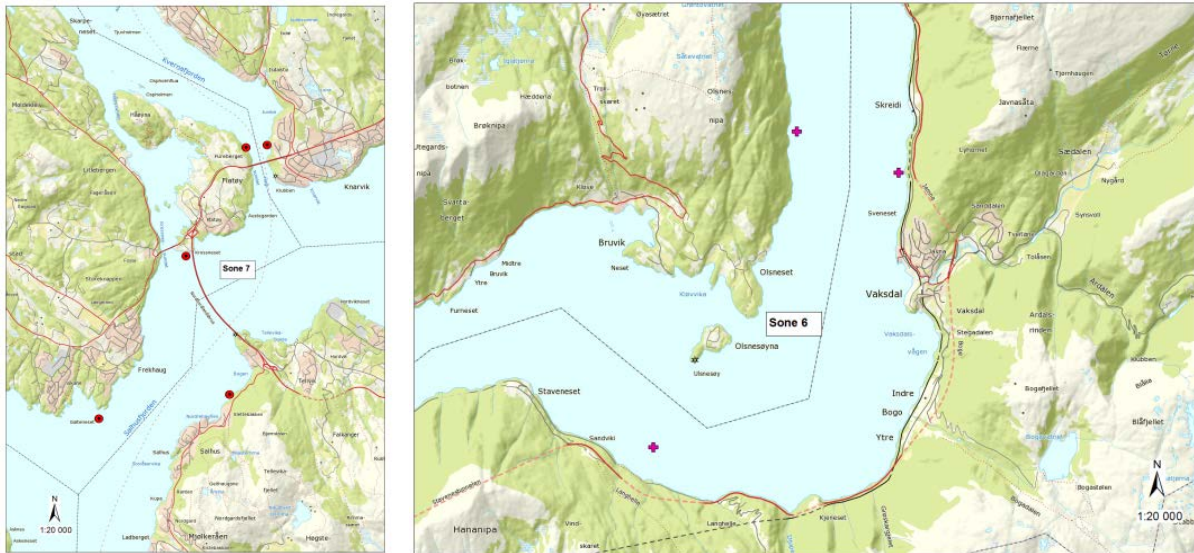
Figur 6. Passive lyttebøyer plassert ut i Vosso (sone –8) ned til innsjø Evangervatnet (sone –7), Vangsvatnet (sone –9 til –11) og Øvre Vosso (sone –12). Temperaturloggar i Øvre Vosso og Voss er markert med blå pil. Utsettstad for akustisk merka vill laksesmolt i Vosso og vill- og klekkjerismolt i Øvre Vosso er markert med raud pil.



Figur 7. Passive lyttebøyer plassert ut Bolstadosen (sone 0 og –1), Bolstadelva (sone –1) og utover (sone –2) og nedre del (sone –3) av Evangervatnet. Temperaturlogger utplassert i Bolstadhølen er markert med blå pil. Utsettstad for akustisk merka laksemolt i Bolstadelva er markert med raud pil.

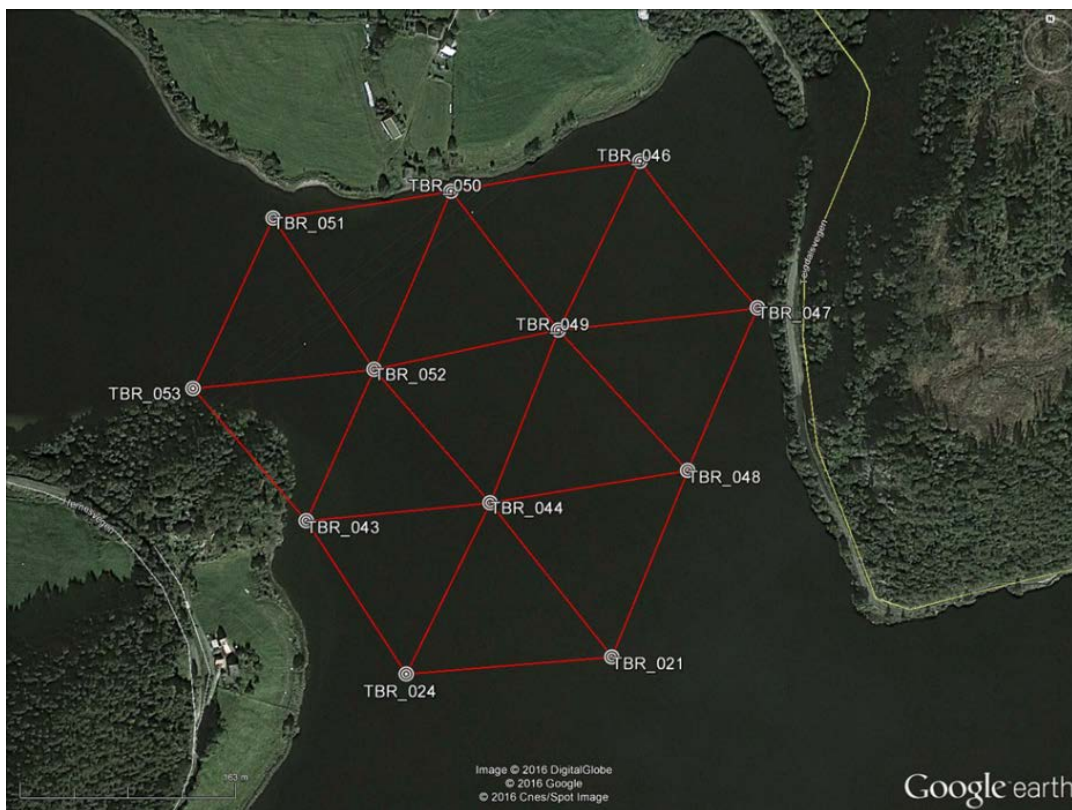


Figur 8. Passive lyttebøyer plassert i Bolstadfjorden med Bolstadosen (sone 1), Trollkona (sone 2), Straume (sone 3) og Vikafjorden (sone 4) ut til Stamnes (sone 5).



Figur 9. Passive lyttebøyer plassert ut i midtre og ytre del av fjordsystemet; Vaksdal (sone 6) og Nordhordlandsbrua (NHB) (sone 7).

For å sikre eit meir utfyllande bilete av åtferd opp i mot miljøtilhøve vart det etablert trianguleringsoppsett i Vangsvatnet, Evangervatnet, og utos av Bolstadelva. I Evangervatnet vart det også etablert eit nettverk med TBR700 RT-mottakarar (Figur 10).



Figur 10. Nettverk av lyttebøyer (TBR700 RT) i Evangervatnet for detaljert studie av vandringsåtferd.

2.5 Manuell ettersøkspeiling i Evangervatnet og Vangsvatnet

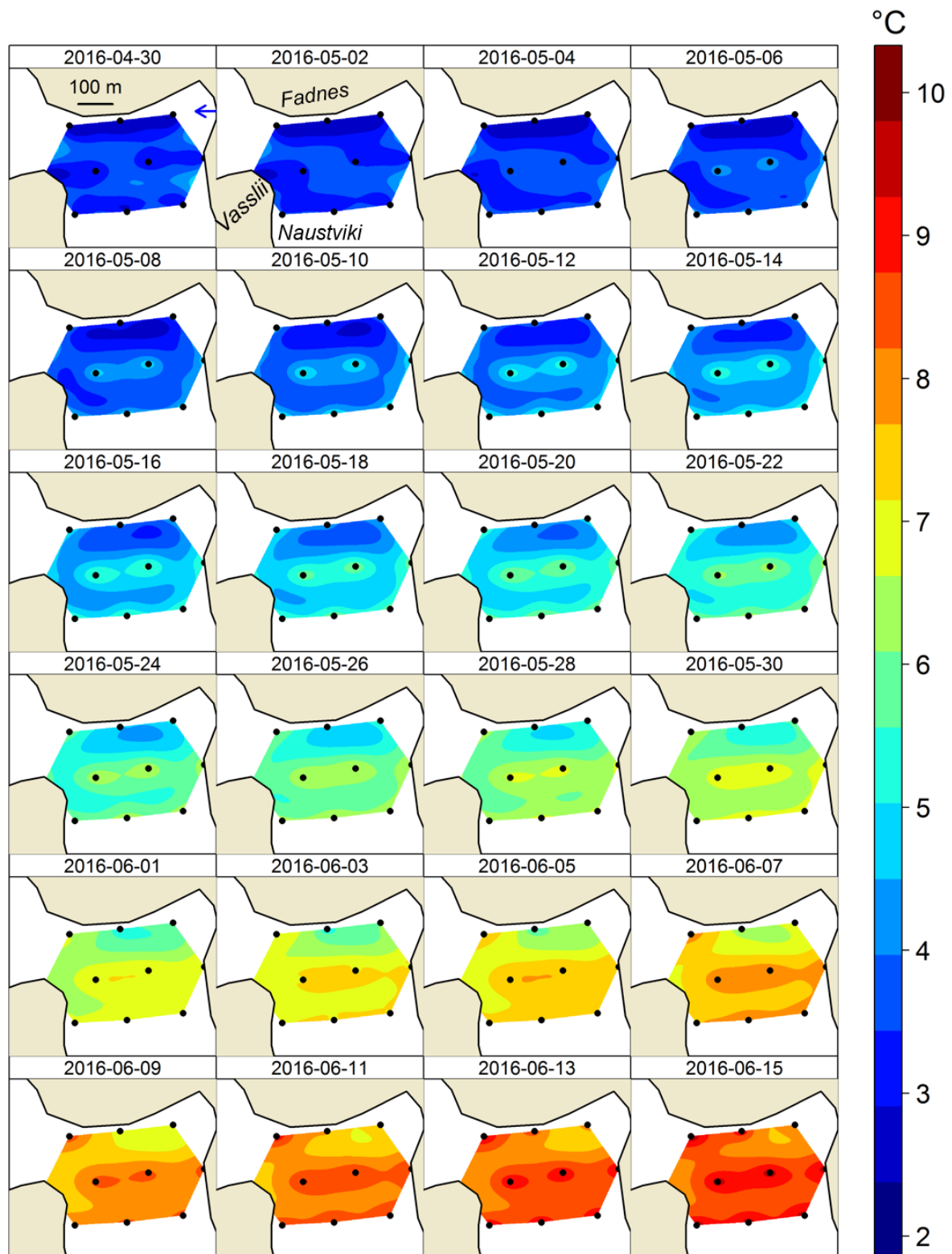
Den 27. og 28. august, medan det enno var eit operativt nettverk av passive lyttebøyer, vart det gjennomført manuell peiling i Evanger- og Vangsvatnet. Dette vart gjort ved å nytte ein manuell mottakar (VR100) og passiv mottakar (TBR700) frå båt. Kvar deteksjon vart gjeven ein eigen GPS-posisjon. Formålet var å dokumentere lagnaden til smolt som ikkje vart registrert vidare utover i utvandningsruta, og inngår i studien til masterstudent Espen Åsan (ferdigstilling i juni 2017).



Figur 11. Til venstre: Manuell peiling på Evangervatnet ved masterstudent Espen Åsan, NMBU. Til høgre: Mottakarane VR100 (venstre) og TBR700.

2.6 Vassføring og vassstemperatur i elver og innsjøar

Det vart målt vassstemperatur ved å nytte eigne loggarar (TinyTag) utplassert i Bolstadelva (Bolstadhølen; sone -1, sjå figur 7), Vosso (Skorve; sone -8, sjå figur 6) og Øvre Vosso (sone -12, sjå figur 6). I 10 av TBR-loggarane i Evangervatnet vart det òg logga temperatur kvar halve time. For å analysere dei romlege og tidsmessige prosessane som vart fanga opp av desse TBR-dataene vart det tilpassa ein såkalla thin-plate spline (TPS) modell (Green og Silverman 1994; Hastie og Tibshirani 1990). Denne nyttar autokorrelasjonsstrukturen (både romleg og i tid) til å generere såkalla Kriging-modellar der temperaturen kan estimerast innanfor nettverket av TBRane på eitkvart tidspunkt og romleg punkt. Denne TPS-modellen kan byggast ut med eksterne drivarar som til dømes vassføring i Vosso, vassføring frå kraftverket og vassstemperaturar i baa desse tilførselskjeldene. Ein vil då få ein modell som kan estimere temperaturen i tid og rom ut frå desse drivardataene. I Figur 12 er estimerte temperaturar på 3 m djup framstilt i såkalla krigingplott for annankvar dag i tida 30. april-15. juni. Det kjem tydeleg fram at kaldt vatn kjem inn frå kraftverksutlaupet, og dette vatnet straumar mot og langsmed Fadneslandet, og store delar av tida strøymer dette vatnet over mot Vasslii og lagar ein bakstraum av kaldare vatn attende mot Solviksåsen. Resultatet vert ein sirkelstraum (gyre) av kaldt vatn med litt varmare vatn i midtpartiet. Det same straumbiletet kjem fram frå straummålingar og modellering som UNI-Research-Miljø har gjennomført i 2016 (Barlaup m fl 2017 (under utarbeiding)).

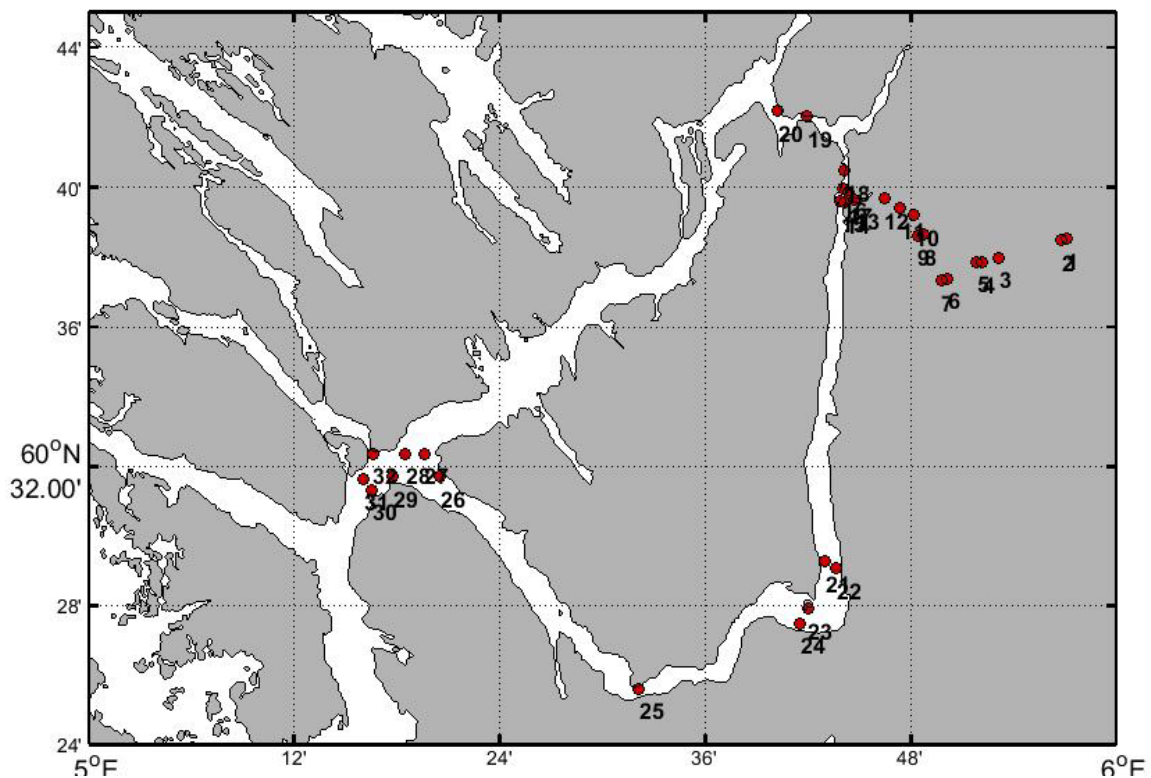


Figur 12. Interpolerte vass temperaturar på 3 m djup i det triangulerte området ved Evanger kraftverk. Temperaturane kjem frå ein 3D ($XYtid$) modell som baserer seg på såkalla 'kriging' der både romleg og tidsmessig autokorrelasjon er innbaka i modellen. Modellen kan estimere temperatur for eitkvart tidspunkt i perioden 20. april til 20. september 2016, men viser her kl 12 på dagen for annankvar dag i perioden 30. april til 15. juni. Utlauget frå kraftverket er illustrert i 30. april-panelet som ei blå pil.

Vassføringsdata vart henta inn frå målestasjonane Kinne (NVE Nr: 62.15.0), Myrkdalsvatn (NVE nr 62.10.0), Vosso/Bulken(Vangsvatnet) (NVE nr 62.5.0), Teigdalselva (NVE nr 62.17 Mestad) og frå driftsvassføring Evanger kraftverk (BKK). Vassføringa i Øvre Vosso vart estimert som summen av vassføringa ved Kinne (Raundalselvi) og Myrkdalsvatn (Strandalevi). Vassføring for Bolstadelva vart estimert som summen av vassføringane ved Evanger kraftverk, Teigdalselva og Bulken.

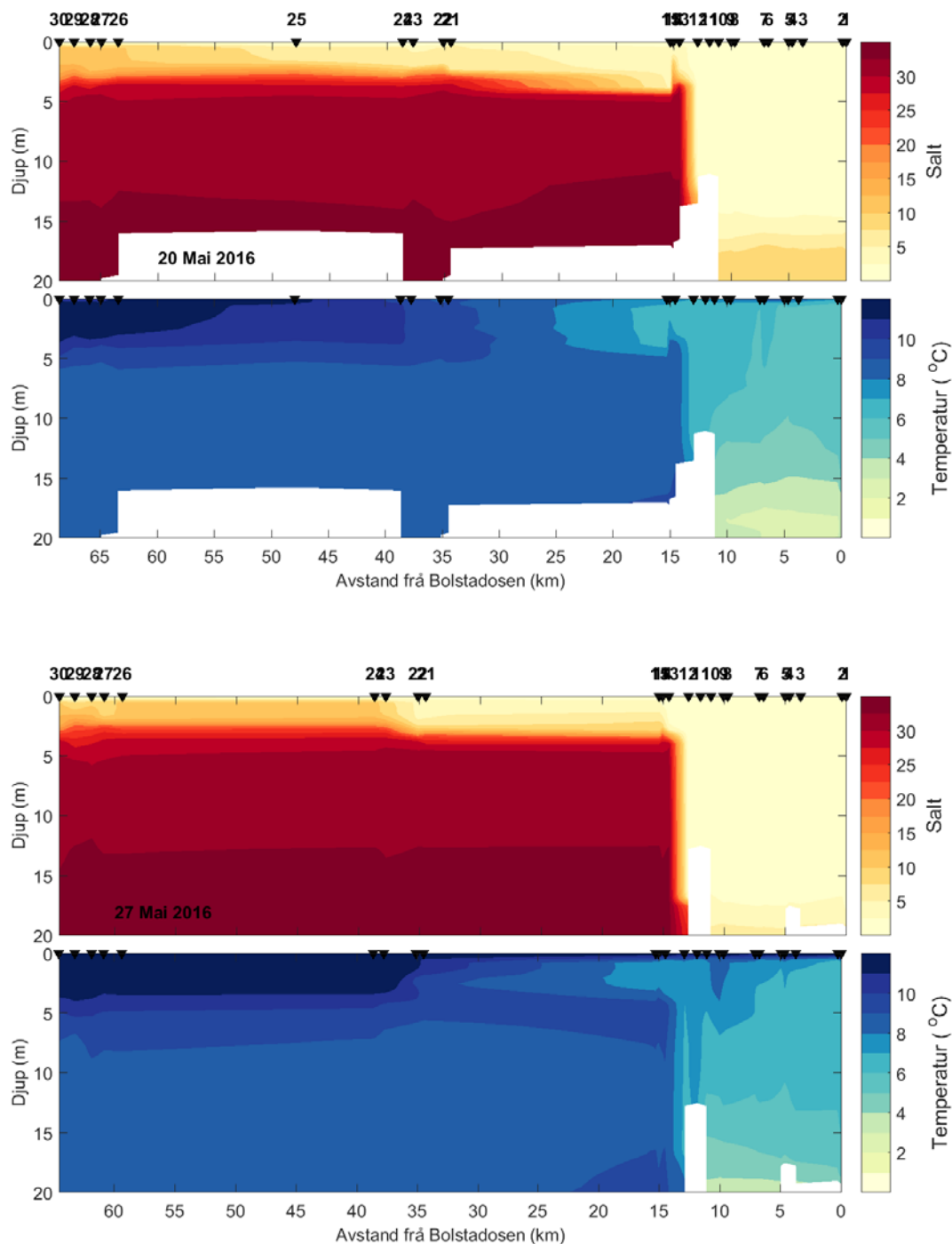
2.7 Vertikalprofilar for salinitet og temperatur i fjorden

Vertikalprofilar for salinitet og temperatur vart innsamla 1. mai, 5. mai, 9. mai, 20. mai, 27. mai og 5. juni ved bruk av SAIV SD204 (<http://www.saivas.no/visartikkel.asp?art=2>) på fleire ulike stasjonar frå Bolstadøyri og utover til Nordhordlandsbrua (Figur 13). Salinitet vart rekna ut frå konduktivitets- og temperaturkurvene ved å nytte ein standard metode (Fofonoff & Millard 1983).



Figur 13. Nummererte stasjonar for innsamling av vertikalprofilar av salinitet og temperatur.

Lengdesnitt for vertikalprofilar av salinitet og temperatur frå Bolstadosen og utover til Knarvik (Nordhordlandsbrua) i overflata og ned til 20 m djup 20. og 27. mai er vist i Figur 14. Frå desse figurane ser vi at saliniteten 20. mai er låg (<5 ppt) ned til 3 meter nesten heilt ut til Nordhordlandsbrua, og at brakkvatn er til stades heilt ut til same stad ei veke seinare. Temperaturen i dei øvre vasslaga held seg under 12 °C utover heile fjorden til langt ut i mai.



Figur 14. Lengdesnitt for vertikalfiler (salinitet og temperatur) frå Bolstadosen og utover mot Knarvik ned til 20 m djup 20.mai (øvt) og 27. mai (nedst).

2.8 Kvantitative analysar

2.8.1 Generell statistikk for samanlikning av gruppeeffektar og miljøeffektar

For å vurdere og kvantifisere effekt av ulike gruppefaktorar (t.d. merketype, utsettstad, opphav) og/eller miljø- og individvariablar (t.d. vassstemperatur, vassføring, storleik) på ulike prestasjons- og vandringsrelaterte responsar (t.d. overleving, predasjon, vandringshastigheit) hjå smolten vart det tilpassa generaliserte, lineære modellar (McCullagh og Nelder 1989). For

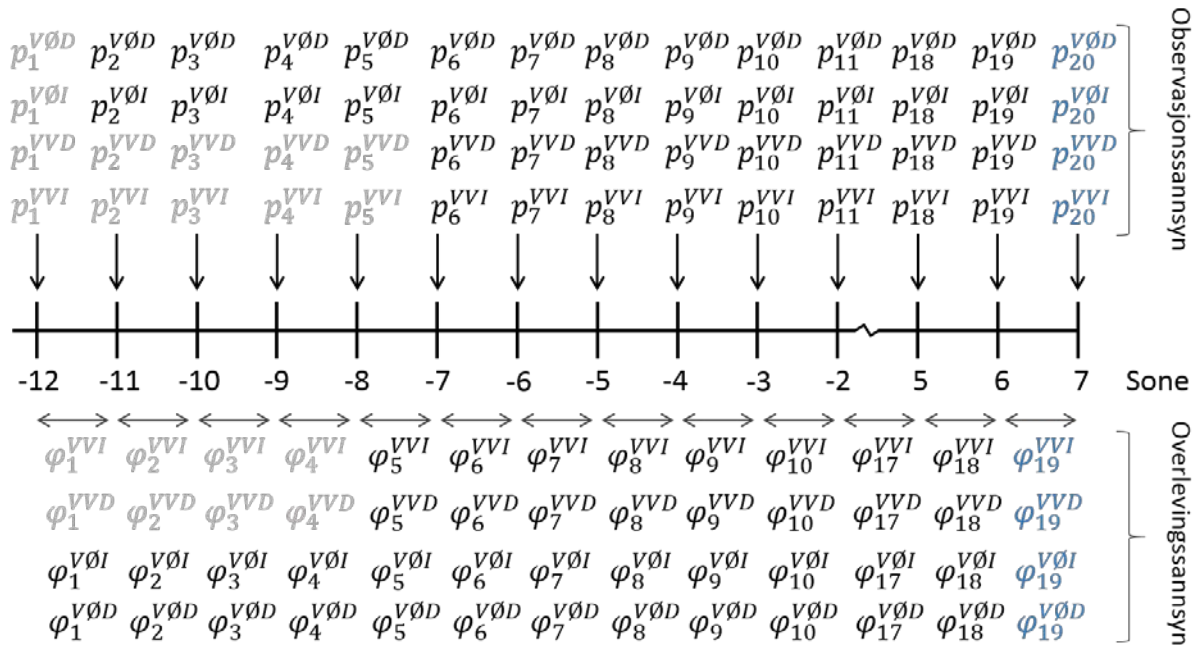
anten/eller-responsar (t.d. døyr/overlever, natt/dag-vandring, eten/ikkje-eten) vart det nytta logit-link i analysane, medan kontinuerlege responsar (vandringshastigheit, tidspunkt for vandring, lengde) ikkje nytta link-funksjon (men går då ut frå at residualane er normalfordelte på uttransformert skala). I situasjonar der vi modellerer repeterte målingar hjå same individ (t.d. djupnebruk over tid) tilpassa vi såkalla blanda lineære modellar (t.d. Pinheiro og Bates (2000); Zuur m. fl. (2009)) der avhengigheit i den tilfeldige variasjonen (grunna repeterte målingar frå same individ) vert modellert inn som tilfeldige effektar (ofte nøsta under lokalitet) i tillegg til vanlege, fikserte effektar som lokalitet, utsettstad osv. For å estimere når (dvs kva for dag i året) dei tidlegaste 25% av smolten kom fram til dei ulike registreringsstadene (definert som avstand til Bolstadøyri) i utvandringsruta, vart det nytta ein semikvantitativ kvartilregresjonsmetode som heiter «Additive Quantile Regression Smoothing» der effekt av avstand til Bolstadøyri endrar seg ikkje-lineært (Koenker m. fl. 1994).

I dei fleste høva vart det tilpassa fleire kandidatmodellar, som er kombinasjonar av 'interessante' faktorar og kovariatlar som nyttast for å estimere responsen. Desse kandidatmodellane vart rangert etter kva for korrigert Akaike Information Criterion (AICc)-verdi dei fekk—der modellen med lågast AICc er modellen med mest stønad 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 modellerast (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 2002).

2.8.2 Merke-attfangstanalysar: overlevings- og observasjonssannsyn

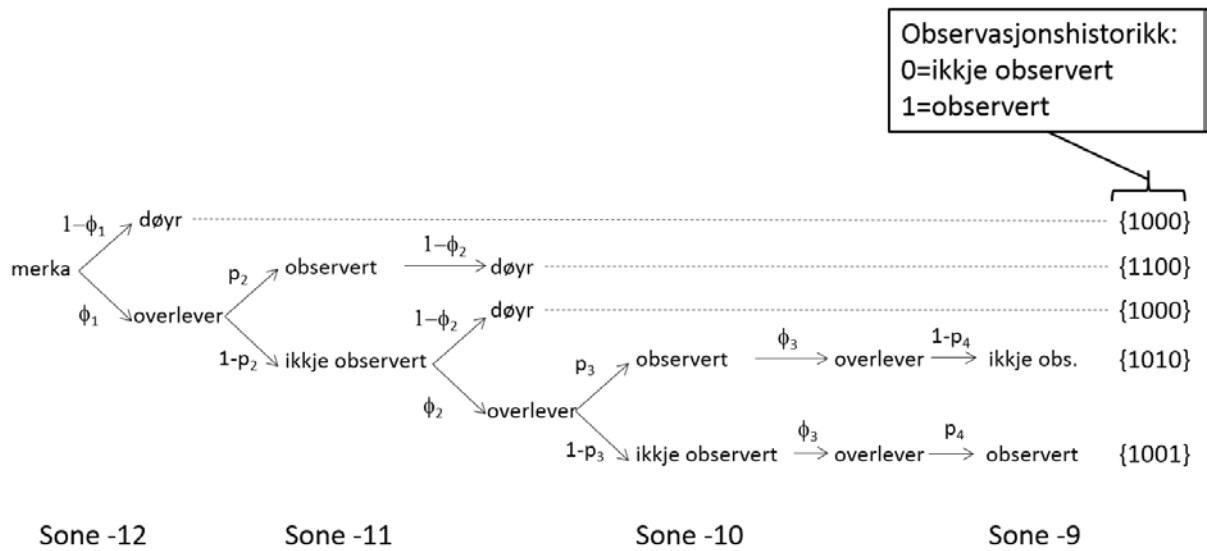
For å estimere overlevingsutviklinga til dei utvandrande smoltgruppene nytta vi ei sekvensiell tilnærming til Cormack-Jolly-Seber (CJS) modellering (Lebreton m. fl. 1992). Denne modelleringa har to parametertypar, observasjonssannsyn (p) og overlevingssannsyn (ϕ). Begge parametertypane kan estimerast til å variere mellom sonene eller vere konstant (dvs like) mellom sonene eller delar av sonene (t.d. lik innan ferskvatnsonene, men ulike mellom saltvassonene). Parameterane kan òg estimerast som funksjon av individkaraktarar (t.d. storleik) og gruppe (t.d. vill vs klekkjeri- eller merketype). I Figur 15 er det framstilt alle moglege parameterestimater som teoretisk kan utreknast under full romleg variasjon for både overlevings- og observasjonssannsyn ($\phi(\text{sone}*\text{gruppe})$, $p(\text{sone}*\text{gruppe})$) for fire av dei sju gruppene som er med i studien. Legg merke til at det ikkje let seg gjere å estimere ϕ_{19} og p_{20} . Dette skuldast at observasjonssannsyn og overleving ikkje kan skiljast for dette intervallet då ein treng informasjon om vidare lagnad for å gjere dette. For dette siste intervallet får ein i staden berre estimert produktet mellom ϕ_{19} og p_{20} . Skulle av ei eller anna grunn p_{20} vere kjent, eller ha rimeleg grunn til å setje han lik andre stasjonar, kan ein naturlegvis få eit estimat på ϕ_{19} . For kvar fisk vert det laga ein såkalla fangsthistorikk, som eigentleg er ein observasjonshistorikk for dei ulike sonene. Dersom ein fisk vert registrert på ein eller fleire av lyttebøyane innan ei sone får han verdien «1», og dersom han ikkje vert registrert vert verdien «0» (Figur 16). For alle fisk vert det sett saman ein sekvens av 20 verdiar som utgjer observasjonshistorikken. Til dømes vil observasjonshistoria 10011000000000000000 tyde at

fisken vart merka i sone -12 og ikkje observert att i korkje sone -11 eller -10, men observert i sone -9 og i sone -8, og aldri etter dette (berre 0ar).



Figur 15. CJS-parameterisering av modellen [$\phi(\text{sone}*\text{gruppe})$, $p(\text{sone}*\text{gruppe})$] Her vil kvar gruppe ha eigne sonerelaterte estimat for begge parametertypene. Gråe parametar er ikkje estimérbare eller definerte, og ljósblå parametar gjeld for siste sona der p og ϕ ikkje kan estimerast kvar for seg (berre produktet av dei to). Bokstavane oppe til høgre ved parametranne gjev kva gruppe dei gjeld for (t.d. VØD = Villsmolt, utsett i Øvre Vosso, Djujnemerke; VVI=Villsmolt, utsett i Vosso med Id-merke). Figuren syner berre fire av dei sju gruppene i studien – og sonene -1 til 4 er ikkje tekne med.

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



Figur 16. Lagnadsdiagram for dei fire øvste sonene i Vossovassdraget med fem døme på observasjonshistorier. ϕ_i tyder overlevingssannsyn mellom sone i og $i+1$ og p_i er observasjonssannsyn i sone i (sjå Figur 15).

3 Resultat

3.1 Deteksjonar

I alt vart det registrert 8 375 653 einskiddeteksjonar på lyttebøyene i heile nettverket. Desse utgjorde 160 einskildindivid. Av dei 40 individa som aldri vart detektert etter utsett var 27 klekkjerifisk. Dette gjer at 91,4% av den merka villfisken vart observert av lyttebøyene minst ein gong etter utsett.

Tabell 2. Tal på individdeteksjonar i dei ulike sonene fordelt på dei sju merkegruppene.

Sone	Villsmolt						Klekkjeri
	Øvre Vosso		Vosso		Bolstadelva		Øvre Vosso
	Djupne- merke	Id- merke	Djupne- merke	Id- merke	Djupne- merke	Id- merke	Id-merke
-12	7	9					2
-11	20	19					23
-10	10	10					5
-9	9	7					0
-8	7	4	4	4			1
-7	7	4	24	22			0
-6	6	3	24	23			0
-5	5	3	24	23			0
-4	4	2	22	22			0
-3	4	2	17	17			0
-2	4	1	11	4			0
-1	1	0	6	3	18	21	0
0	5	0	9	2	25	24	0
1	6	0	11	3	25	24	0
2	4	0	10	2	24	22	0
3	5	0	10	1	23	19	0
4	5	0	7	2	21	18	0
5	4	0	6	1	13	12	0
6	3	0	4	0	4	5	0
7	1	0	1	0	1	1	0

Ein akustisk merka klekkjerismolt frå Øvre Vosso vart registrert under el-fiske i Bordalselva nokre dagar etter merking. Denne hadde då vandra ut frå Øvre Vosso, ned i Vangsvatnet, og opp i Bordalselva. Vidare vart ID 832 registrert på lyttebøyennettverket til Kustus-prosjektet ytst i Sognefjorden ved Solund den 6. juni.

3.2 Vandrering i elv og innsjøar: når og kva styrer

3.2.1 Innvandring frå Øvre Vosso til Vangsvatnet

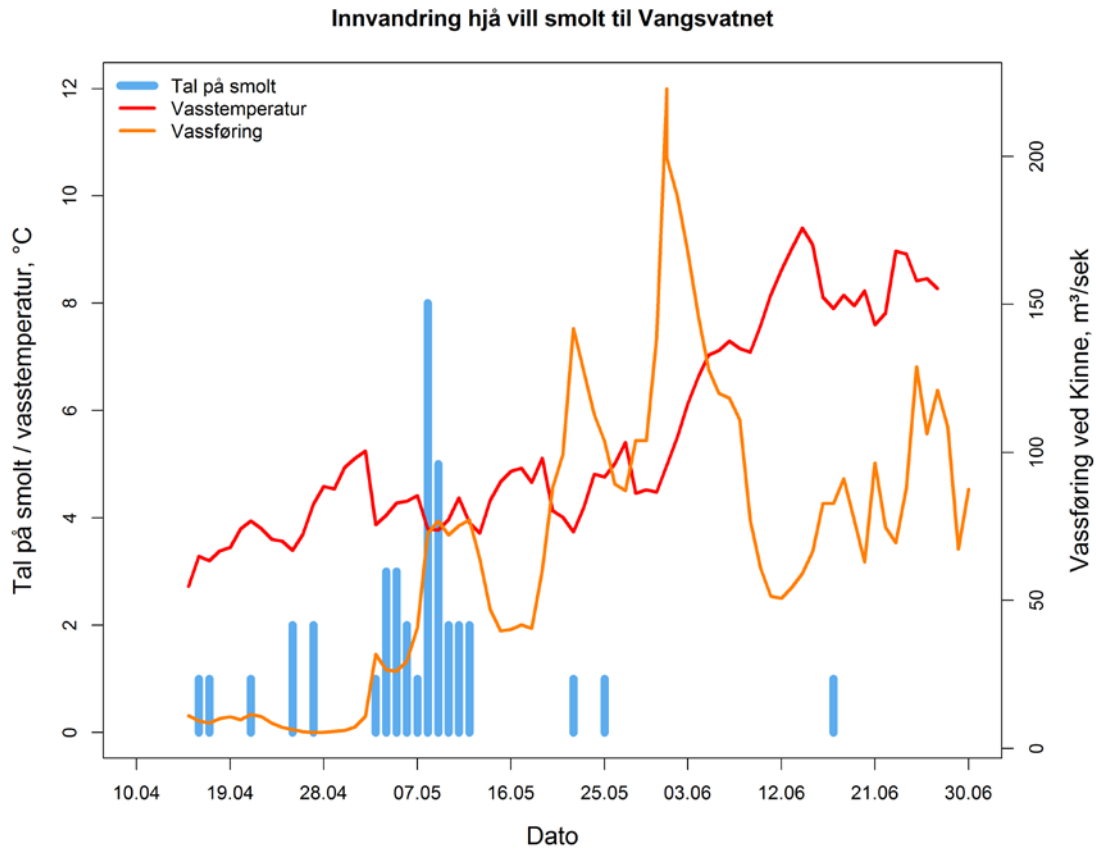
I alt 20 og 19 av villsmoltane som vart sett ut i Øvre Vosso med, i same følgd, djupnemerke og ID-merke, vart observert i innsjøområdet til Vangsvatnet. Dette utgjer 80 og 76% av dei 25 som vart merka i kvar av desse gruppene. Innvandringa til Vangsvatnet fann stad frå 16. april til 17. juni, men dei aller fleste gjekk ut i vatnet under den fyrste flaumen frå 3. mai til 12. mai (Figur 17). Sju av desse villsmoltane gjekk ut i Vangsvatnet før flaumen, og desse såg ut til å vere stimulert av auke i vassstemperaturen (Figur 17). Når vi samanliknar GLM-modellar for estimering av vandrings sannsyn for innvandring til Vangsvatnet, var det mest stønad for modellane med vassføring og vassføring² som prediktorvariablar. Desse modellane var meir enn 3.2 AICc-einingar betre enn modellen med nest mest stønad (Tabell 3), og estimerte at sannsyn for innvandring til Vangsvatnet auka signifikant med aukande vassføring under perioden 20. april til 20. mai (Figur 18).

Tabell 3. Modellseleksjonstabell for kandidatmodellar som estimerer sannsyn for utvandring hjå villsmolt frå Øvre Vosso til Vangsvatnet. Q =vassføring, Dag =dag i året, $Temp$ = vassstemperatur, ΔQ =endring i vassføring frå dagen før. K = tal på parameterar, $AICc$ = korrigert Akaike informasjonskriterium, $AICcWt$ = AIC vekt (relative stønad) og LL = loglikelihood.

Model	k	AICc	$\Delta AICc$	AICcWt	Cum.Wt	LL
Q_{Kinne}	2	55,11	0,00	0,54	0,54	-25,15
Q_{Kinne}^2	3	55,96	0,85	0,35	0,90	-24,12
$Dag * Q_{Kinne}$	4	59,18	4,08	0,07	0,97	-24,05
$Q_{Kinne} * Temp$	4	60,71	5,61	0,03	1,00	-24,82
ΔQ_{Kinne}	2	75,89	20,79	0,00	1,00	-35,55
$Temp$	2	76,72	21,61	0,00	1,00	-35,96

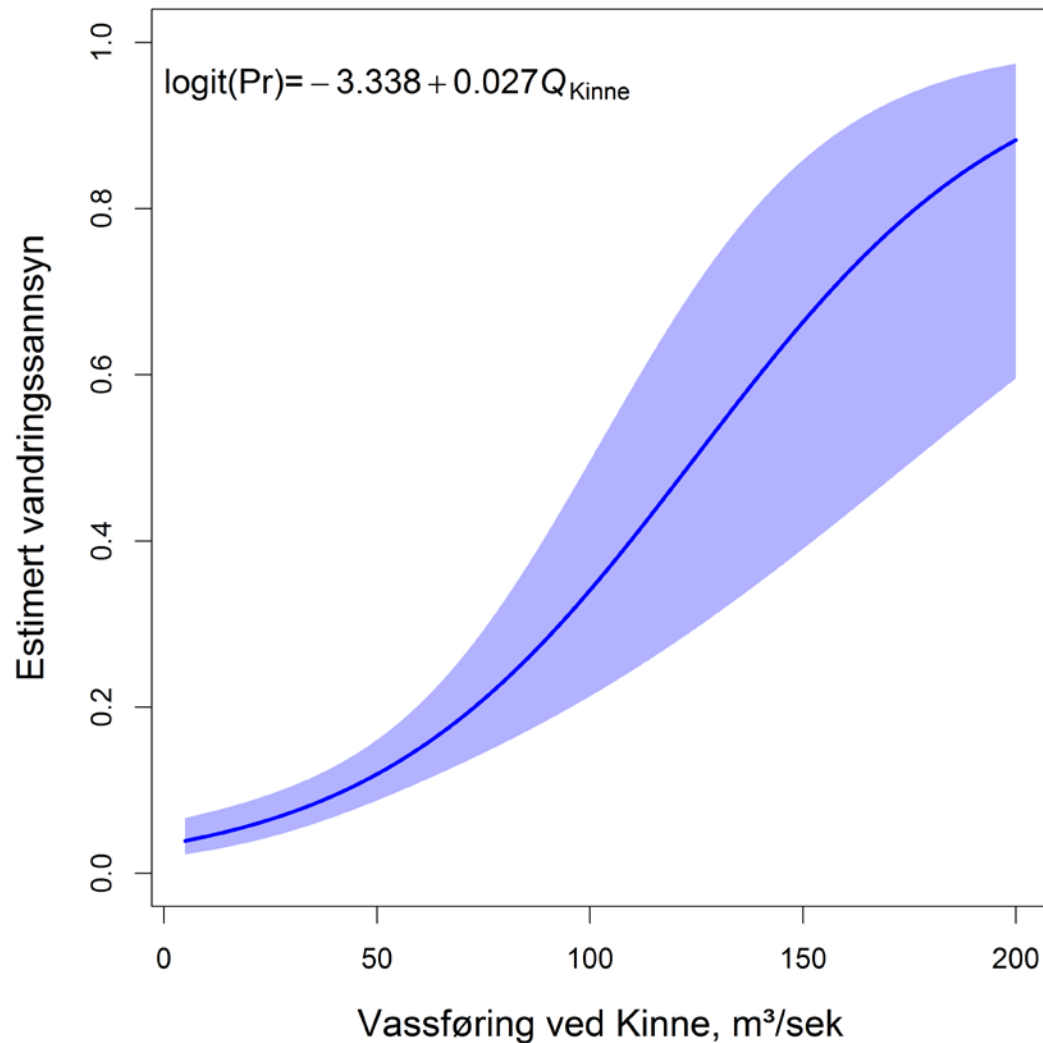
Av dei 50 klekkjerismoltane som vart sett ut i Øvre Vosso var det berre deteksjonar av totalt 23 individ i Vangsvatnet. Eitt av desse vart sist sett i sone -8, så truleg overlevde ingen av klekkjerismoltane nedstrøms til Evangervatnet. Klekkjerismolten vandra ut i Vangsvatnet i perioden frå 30. april til 28. juni utan nokon tydeleg topp for utvandringstid (Figur 19), men fleire vandra ut i juni enn i mai for denne gruppa, dvs fleire veker seinare enn villsmolten frå same utsettstad.

Som for utvandringsdato hadde klekkjerismolten eit heilt anna utvandringsforløp med omsyn til tid på døgeret. Medan nesten all villsmolt vandra inn i Vangsvatnet om natta vandra klekkjerismolten til alle tider på døgeret (Figur 20).



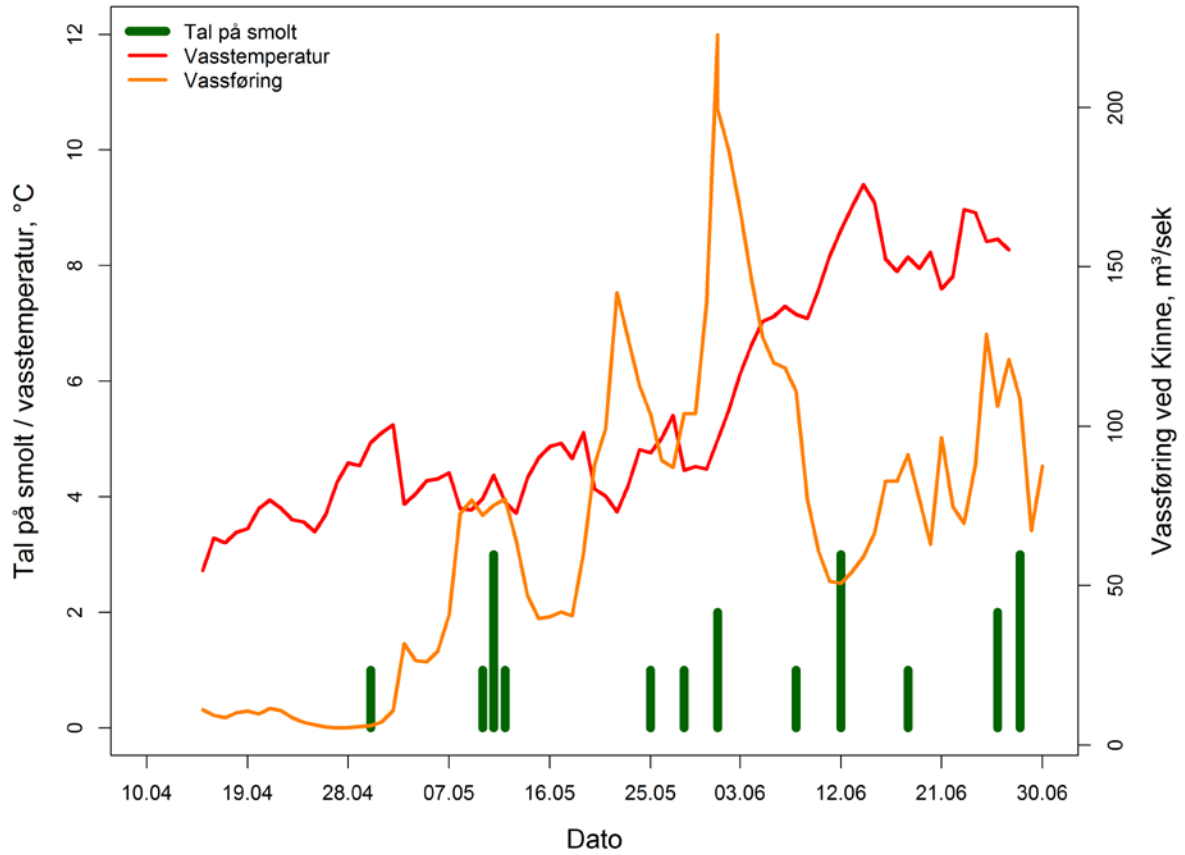
Figur 17. Innvandring til Vangsvatnet hjå akustisk merka villsmolt frå Vosso sesongen 2016, med vassføring og temperatur.

Innvandring til Vangsvatnet hjå vill laksesmolt

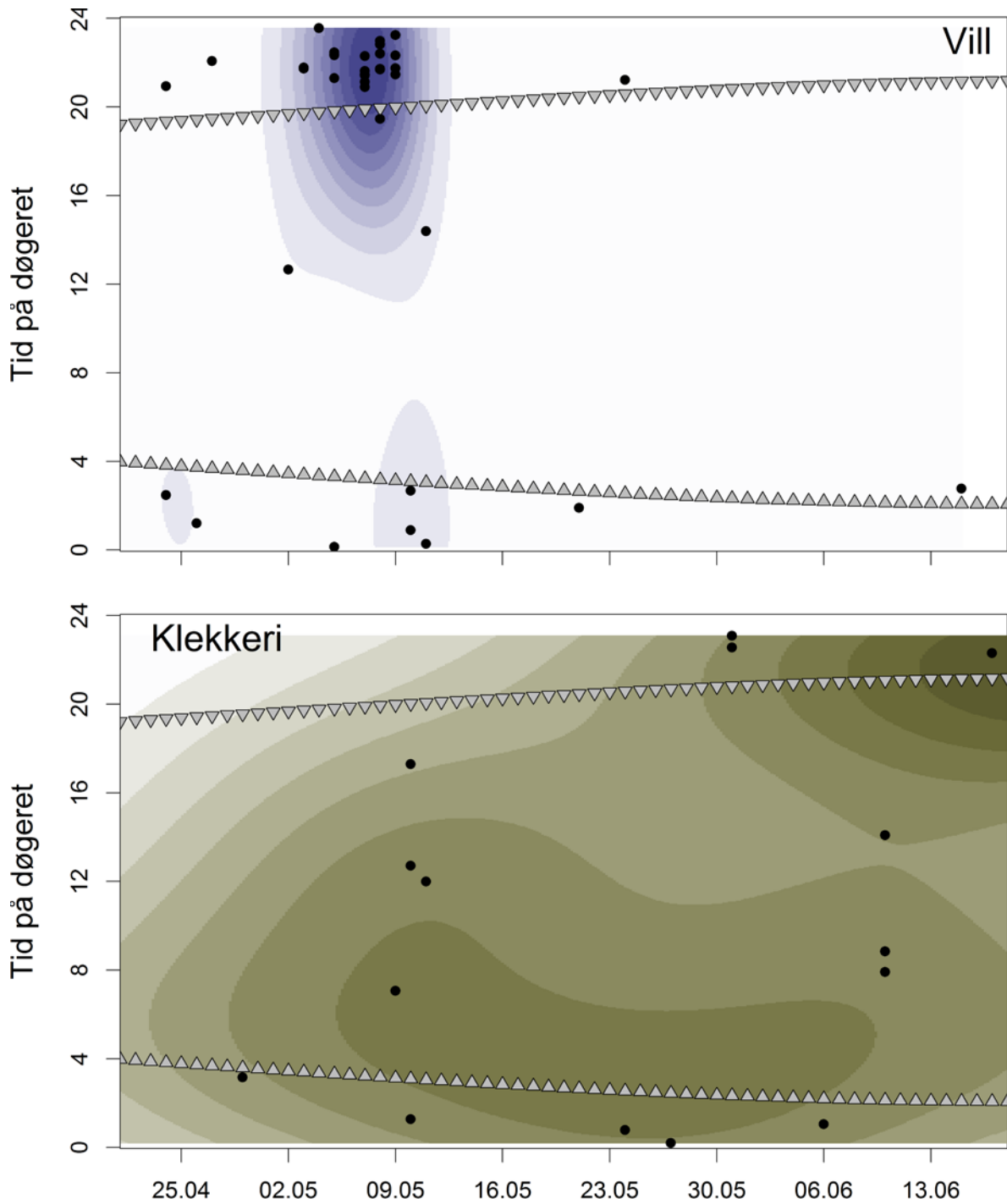


Figur 18. Estimert sannsyn for at villsmolt frå Øvre Vosso skal vandre ut i Vangsvatnet som respons på vassføring ved Kinne. Estimeringa kjem frå den utvalde GLM-modellen som er vist i figuren, og det ljoseblå arealet syner 95% konfidensintervall.

Innvandring hjå klekkerismolt til Vangsvatnet



Figur 19. Innvandring til Vangsvatnet hjå akustisk merka klekkjerismolt frå Øvre Vosso sesongen 2016, med vassføring og temperatur.

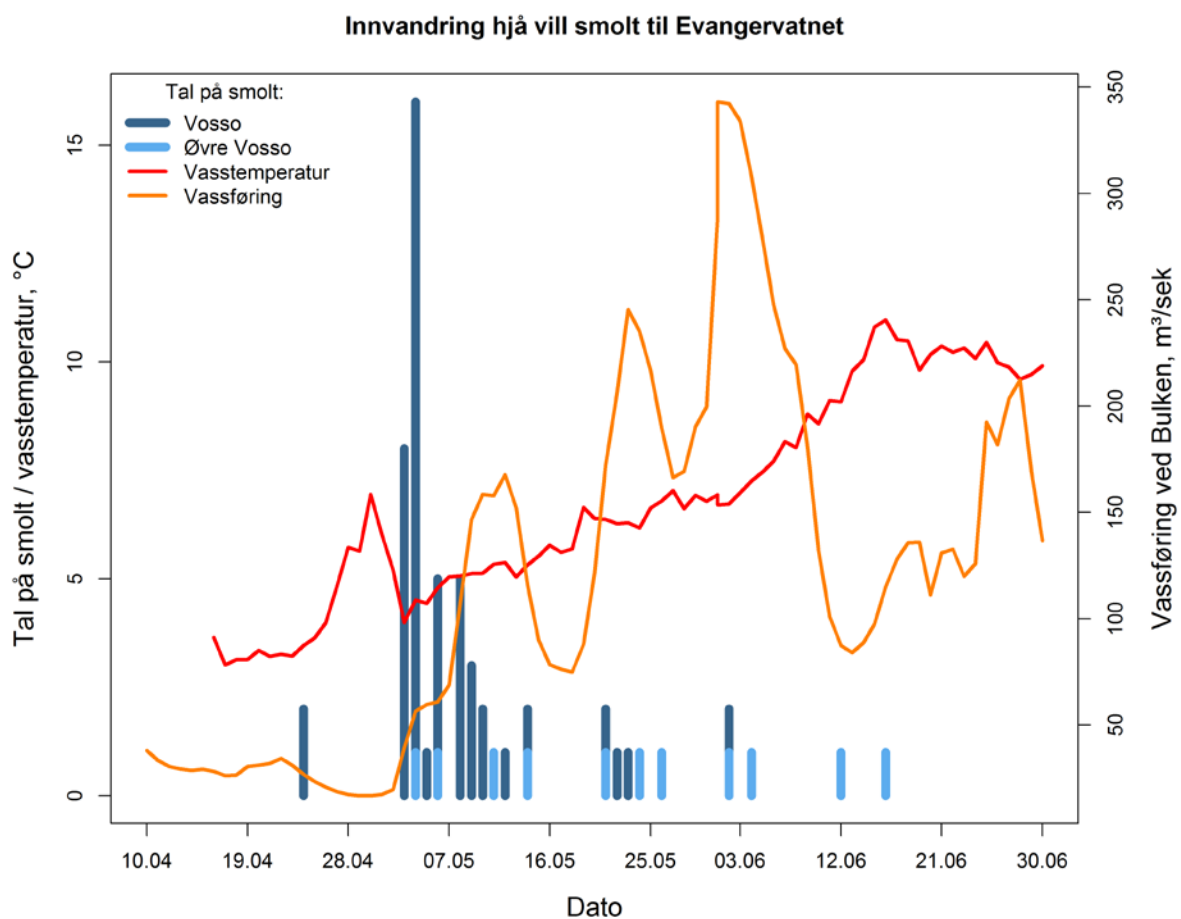


Figur 20. Tid på døgeret som den AT-merka klekkjeri- (nedste figur) og villsmolten frå Øvre Vosso vandrar inn i Vangsvatnet i 2016. Fargane på sannsynskjernane (density kernels) seier at di mørkare farge di meir sannsynleg er det at smolten vandrar inn i vatnet. Trekantane som peiker nedover syner tidspunkt for solnedgang, og dei som peiker oppover for soloppgang.

3.2.2 Innvandring frå Vosso til Evangervatnet

Villsmolten som vart sett ut i Vosso (ved Tverrelvi) vart registrert inn i Evangervatnet i perioden 23.04.–02.06., med ein klar topp 3.-4. mai (Figur 21). Denne toppen fell saman med fyrste flaumtopp. Villsmolt frå Øvre Vosso hadde ingen tydeleg topp på innvandringa i Evangervatnet, og vandra inn spreidd utover heile perioden 4. mai til 16. juni. Litt overraskande var det vassføring som kom ut som den mest støtta prediktoren for sannsyn for innvandring i Evangervatnet (Tabell 5), med AIC-vekt på 51%. Dag-til-dag-endring i vassføring hadde 30% AIC-vekt og vassføring ved Bulken 14%. Alle desse prediktorvariablane hadde signifikant positiv effekt på innvandringssannsynet (berre temperatur er vist i Figur 22).

Innvandringa til Evangervatnet fann stad om natta for villsmolten frå Vosso, medan villsmolten frå Øvre Vosso vandra inn på alle tidspunkt gjennom døgeret (Figur 23).



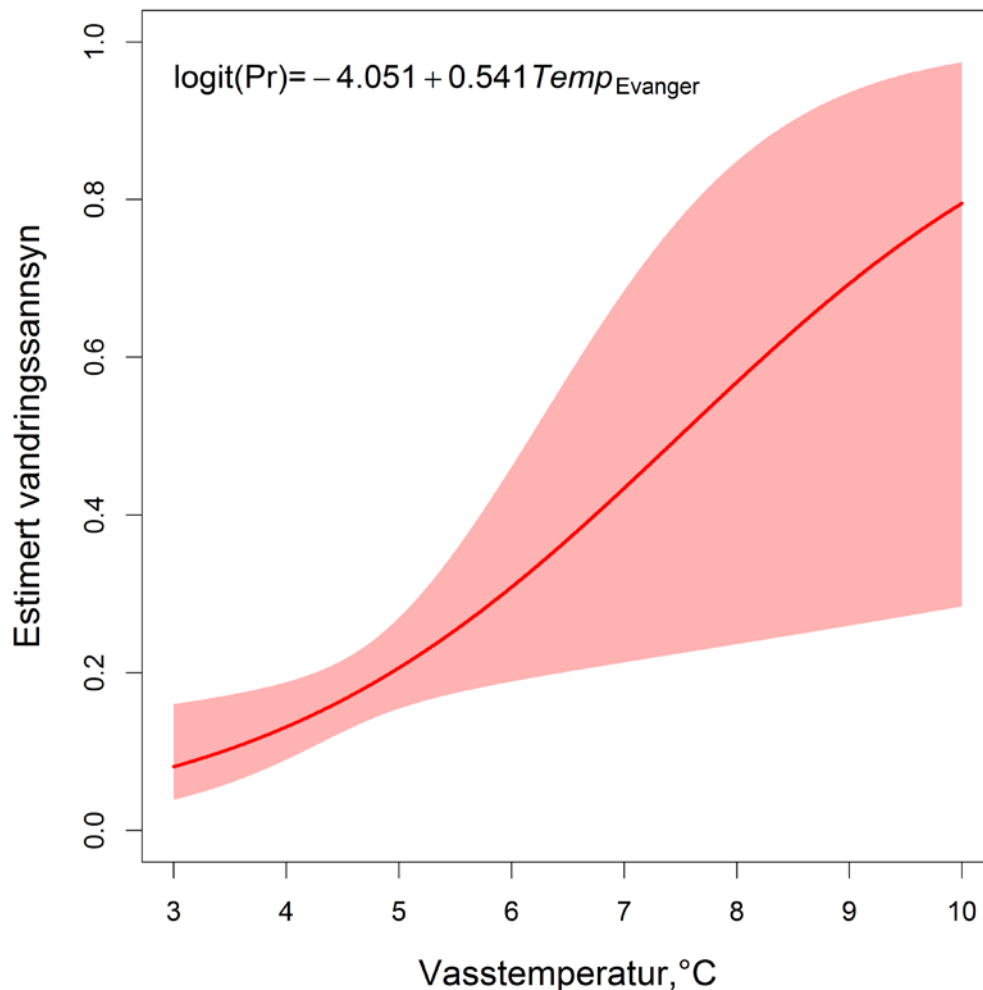
Figur 21. Innvandring til Evangervatnet frå akustisk merka villsmolt frå Vosso og Øvre Vosso sesongen 2016 med tilhøyrande vassføring og vassstemperatur.

Tabell 4. Modellseleksjonstabell for modellar som estimerer sannsyn for utvandring hjå villsmolt frå Vosso til Evangervatnet. Q =vassføring, Dag =dag i året, $Temp$ = vassstemperatur,

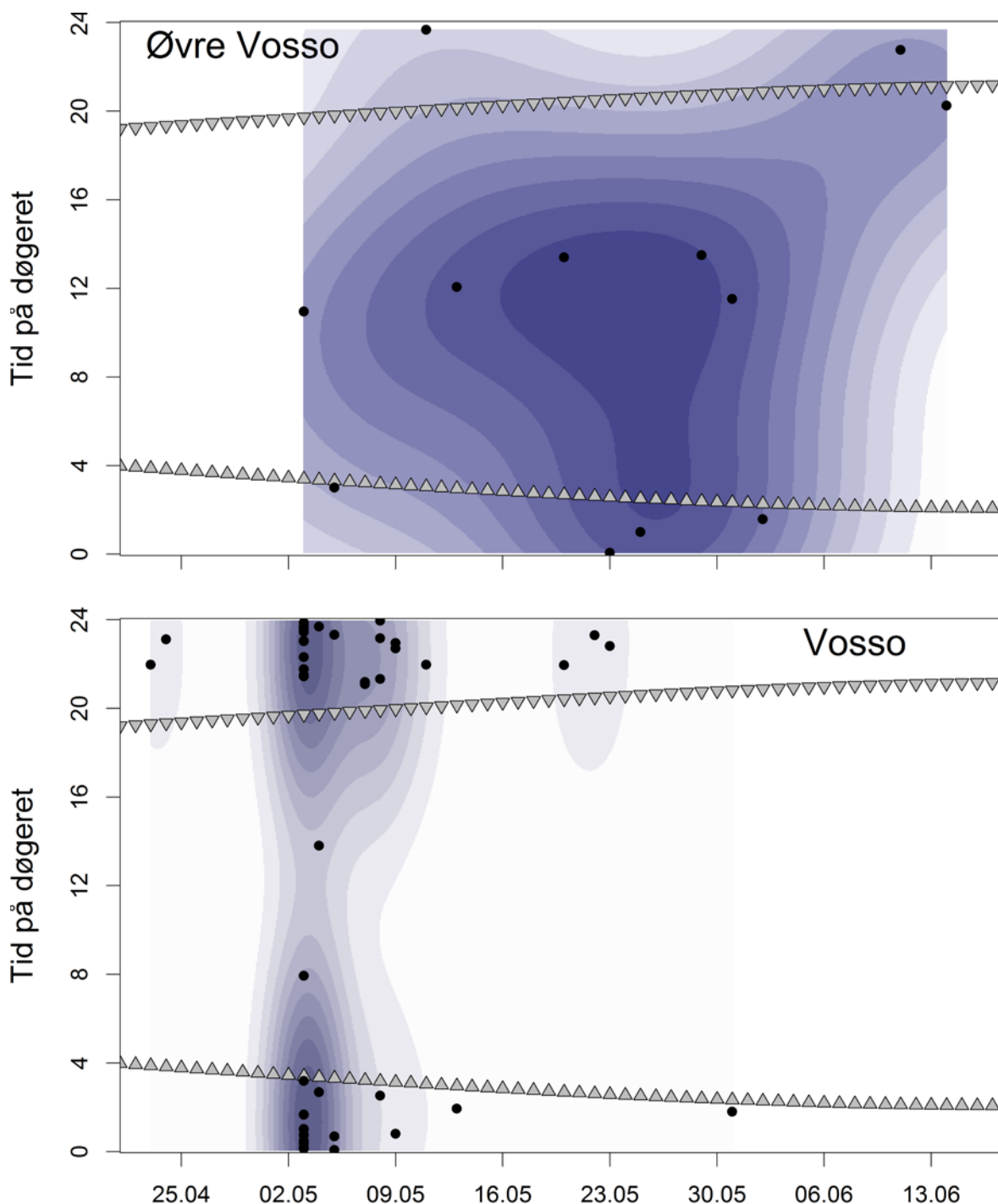
ΔQ =endring i vassføring frå dagen før. K = tal på parameterar, AICc = korrigert Akaike informasjonskriterium, AICcWt= AIC vekt (relative stønad) og LL = loglikelihood.

Modell	K	AICc	$\Delta AICc$	AICcWt	Cum.Wt	LL
<i>Temp</i>	2	51,41	0,00	0,51	0,51	-23,16
ΔQ_{Bulk}	2	52,58	1,17	0,29	0,80	-23,75
Q_{Bulk}	2	54,06	2,65	0,14	0,94	-24,49
Q_{Bulk}^2	3	57,21	5,79	0,03	0,96	-24,40
<i>Temp</i> * Q_{Bulk}	4	58,00	6,58	0,02	0,98	-22,78
Dag* Q_{Bulk}	4	58,33	6,92	0,02	1,00	-22,94

Innvandring til Evangervatnet hjå vill laksesmolt



Figur 22. Estimert sannsyn for at villsmolt frå Vosso skal vandre ut i Evangervatnet som respons til vassstemperatur i Vosso. Estimeringa kjem frå den utvalde GLM-modellen som er vist i figuren, og det ljose raude arealet syner 95% konfidensintervall.



Figur 23. Tid på døgeret som den AT-merka villsmolten frå Øvre Vosso (øvre figur) og Vosso vandrar inn i Evangervatnet i 2016. Di mørkare fargane på sannsynskjernane er di meir sannsynleg er det at smolten vandrar inn i vatnet. Trekantane som peiker nedover syner tidspunkt for solnedgang, og dei som peikar oppover for soloppgang.

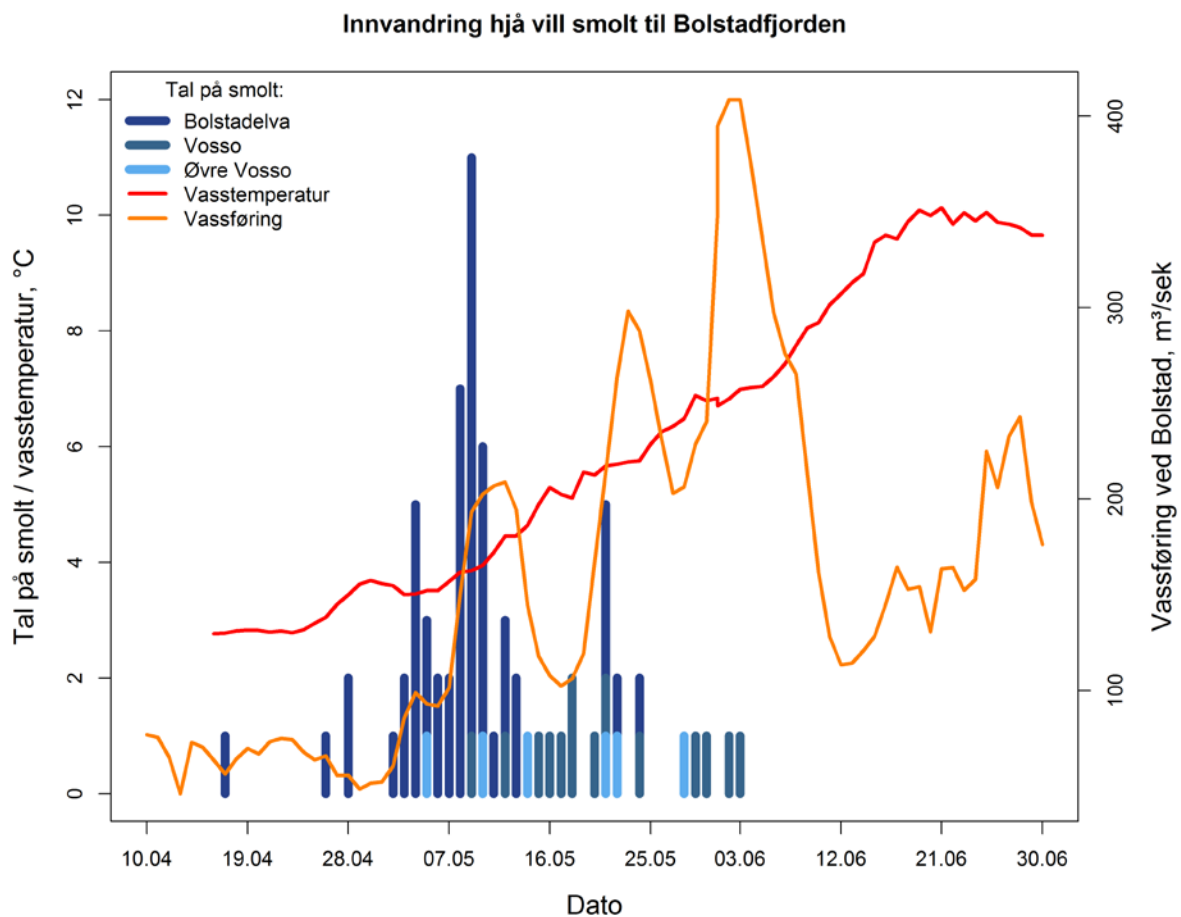
3.2.3 Innvandring frå Bolstadelva til Bolstadjorden

Villsmolten som vart sett ut i Bolstadelva vart registrert i Bolstadosen i perioden 17. april–24. mai, med ein klar topp 2.-10. mai (Figur 24). Denne toppen fell saman med fyrste flaumtopp, og eit lite fall i flaumutviklinga 4.-6. mai gav eit tilsvarande fall i talet på smolt som vandra,

men då flaumen auka på att 7. mai fekk ein smoltutvandringstopp 8.-10. mai. Villsmolt frå Øvre Vosso og Vosso hadde ingen tydeleg topp på utvandringa til Bolstadosen, og vandra inn spreidd utover heile perioden 5. mai til 3. juni.

Av dei ulike GLM-modellane som vart tilpassa for å estimere innvandringsannsyn til Bolstadosen var det modellen med vassføring i Bolstadelva som fekk størst AICc stønad (Tabell 5). Denne prediktoren fekk ei AIC-vekt på 61%, medan kvadrateffekt av same prediktor (dvs. vassføring²) fekk ei AIC-vekt på 30%. Vassføringa hadde ein signifikant positiv effekt på innvandringsannsynet (Figur 25).

Utvandringa til Bolstadosen fann stad om natta for villsmolten frå Bolstadelva, medan villsmolten frå Øvre Vosso og Vosso vandra inn på alle tidspunkt gjennom døgeret (Figur 26).



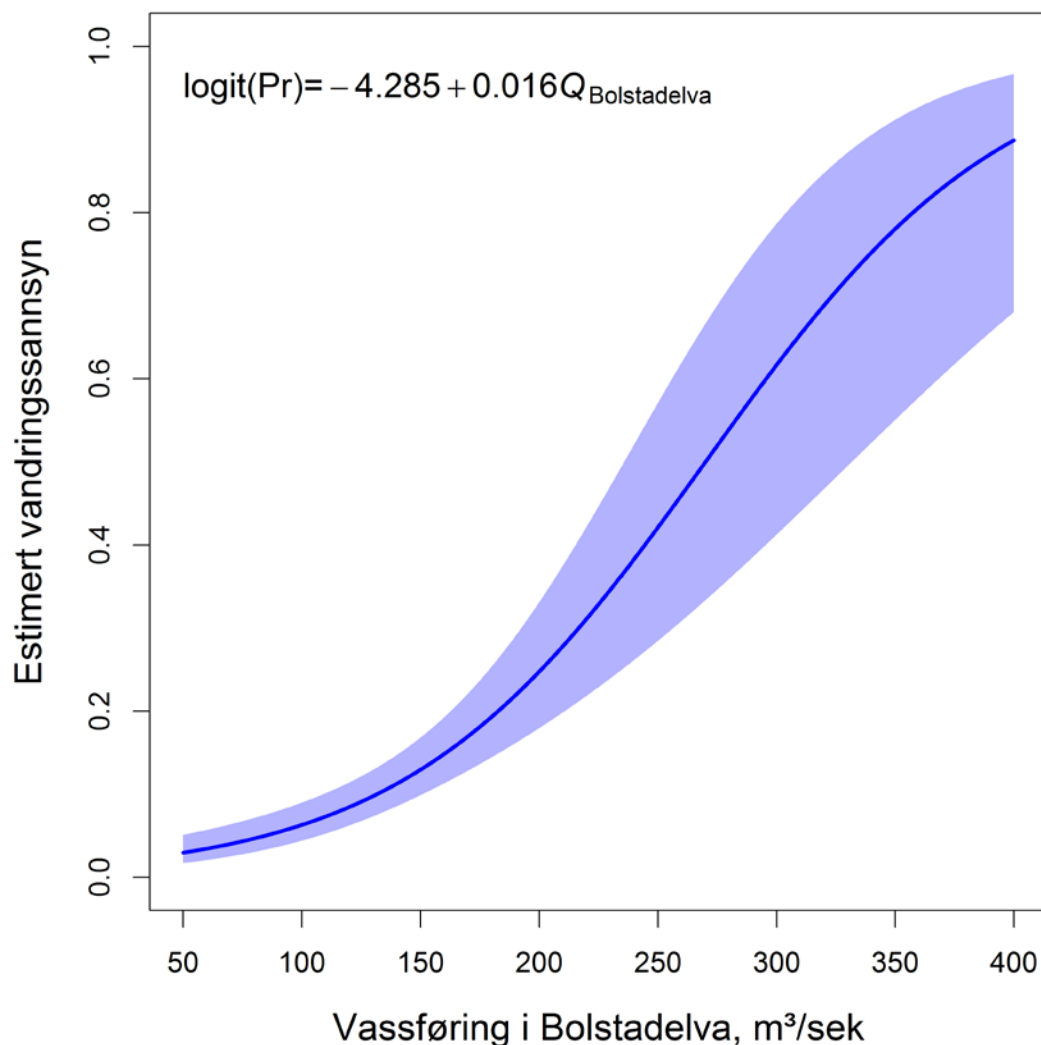
Figur 24. Innvandring over tid hjå akustisk merka villsmolt frå Øvre Vosso, Vosso og Bolstadelva i sesongen 2016, med tilhøyrande vassføring og vassstemperatur i Bolstadelva.

Tabell 5. Modellseleksjonstabell for modellar som estimerer sannsyn for utvandring hjå villsmolt frå Bolstadelva til Bolstadfjorden. Q =vassføring, Dag =dag i året, $Temp$ = vassstemperatur, ΔQ =endring i vassføring frå dagen før. K = tal på parametrar, $AICc$ =

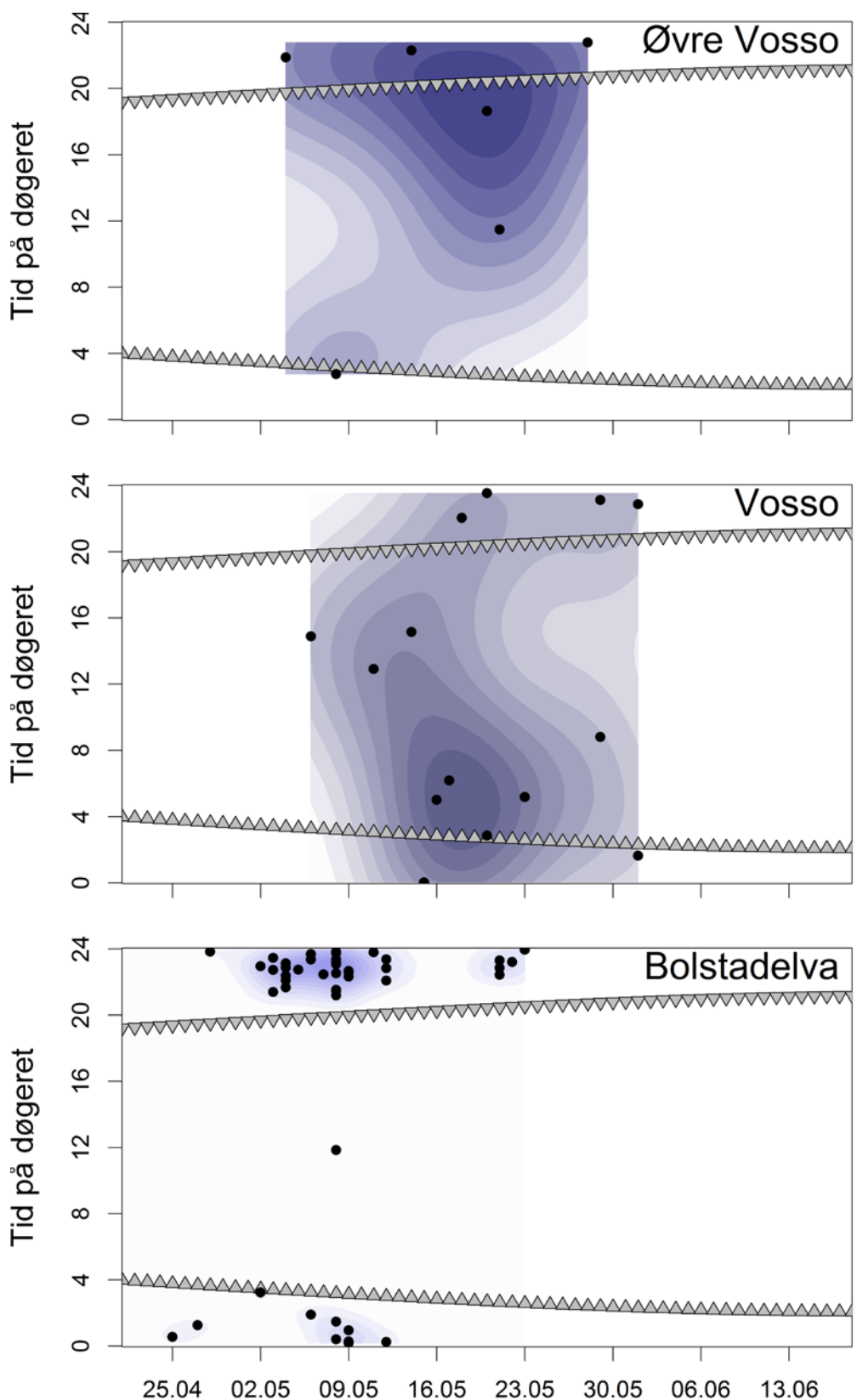
korrigert Akaike informasjonskriterium, AICcWt= AIC vekt (relative stønad) og LL = loglikelihood.

	K	AICc	$\Delta AICc$	AICcWt	Cum.Wt	LL
Q_{Bolst}	2	57,02	0,00	0,61	0,61	-26,11
Q_{Bolst}^2	3	58,47	1,45	0,30	0,91	-25,38
$Q_{\text{Bolst}} * \text{Temp}$	4	62,24	5,22	0,05	0,96	-25,58
$\text{Dag} * Q_{\text{Bolst}}$	4	62,34	5,32	0,04	1,00	-25,63
ΔQ_{Bolst}	2	78,47	21,45	0,00	1,00	-36,83
Temp	2	95,08	38,06	0,00	1,00	-45,14

Innvandring til Bolstadjorden hjå vill laksesmolt

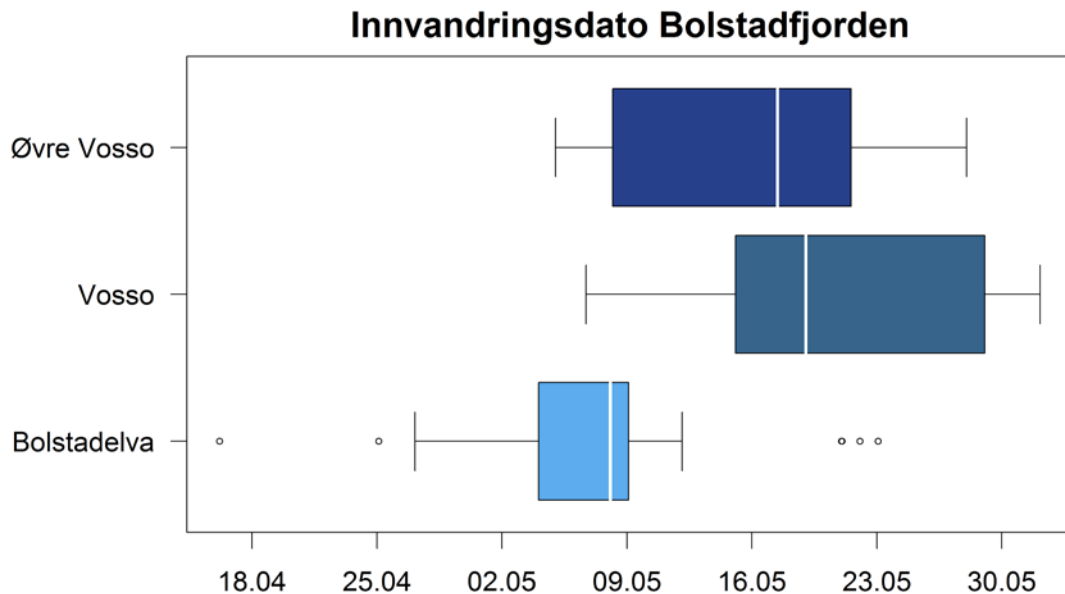


Figur 25. Estimert sannsyn for at villsmolt frå Bolstadelva skal vandre ut i Bolstadjorden som respons til vassføring i Bolstadelva. Estimeringa kjem frå den utvalde GLM-modellen som er vist i figuren, og det ljoseblå arealet syner 95% konfidensintervall.



Figur 26. Tid på døgeret som den AT-merka villsmolten frå Øvre Vosso (øvre figur), Vosso (midten) og Bolstadelva vandrar ut i Bolstadfjorden i 2016. Di mørkare fargane på sannsynskjernane er di meir sannsynleg er det at smolten vandrar ut i fjorden. Trekantane som peiker nedover syner tidspunkt for solnedgang, og dei som peikar oppover for soloppgang.

Utvandringa frå elv til Bolstadjorden varierte mellom dei tre utsettstadane der tyngdepunktet for utvandringa var 8. mai for villsmolt frå Bolstadelva, 18. mai for villsmolt frå Vosso og 16. mai for villsmolt frå Øvre Vosso (Figur 27). Variasjonsbreidda i utvandringstidspunktet til Bolstadjorden var mykje større for villsmolten frå Vosso og Øvre Vosso enn for Bolstadelvsmolten.



Figur 27. Boxplott som syner fordelingane av innvandringsdato til Bolstadjorden hjå AT-merka villsmolt frå dei tre utsettstadane i 2016. 90 % av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50 % av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla.

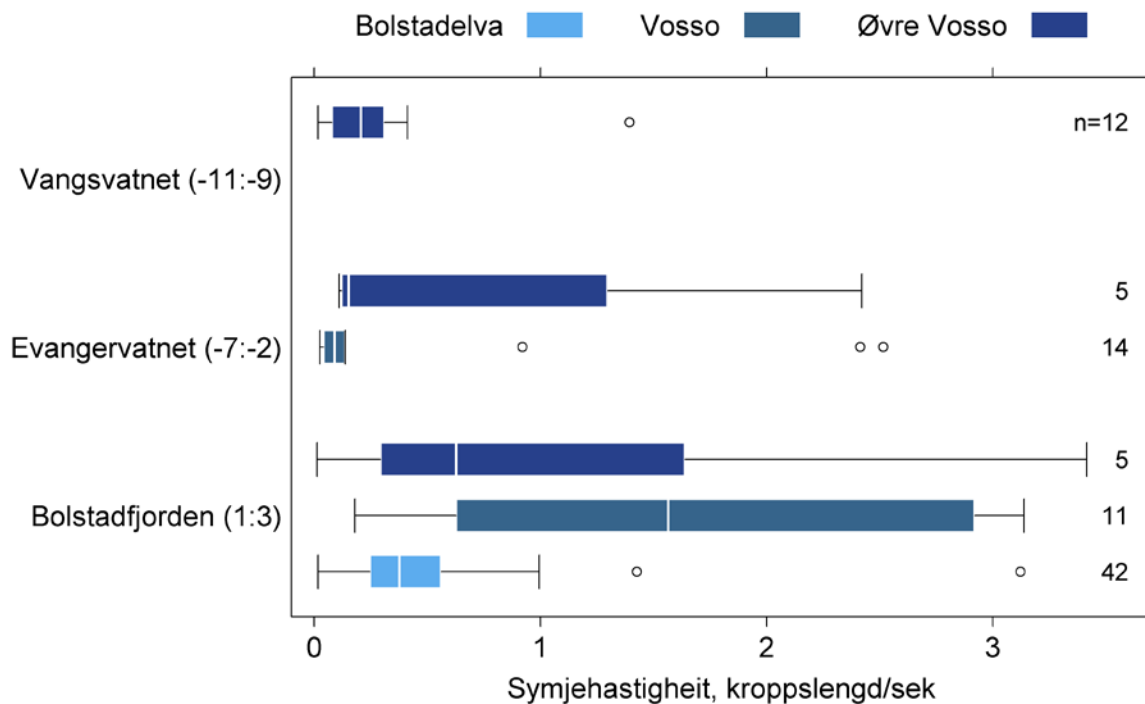
3.3 Vandringsfart og opphaldstid i vatna og Bolstadjorden

Eit likt mønster i vandringshastigheit vart funnen for dei tre utsettgruppene av villsmolt. Alle vandra tregast gjennom det fyrste vatnet/fjorden dei kom til nedstraums utsettstaden, for deretter å auke på gjennom dei påfølgjande innsjø- og/eller fjordsystema (Figur 28).

Vandringane gjennom Evangervatnet var særst trege for Vossofiskene (snitt= $0,06 \pm 0,04$ (SD) kroppslengder/sek), og hovudtyngda av fisken frå Øvre Vosso (3 av 5 < 0,15 kroppslengder/sek). Snittet for vandringar gjennom Vangsvatnet var litt høgare: $0,23 \pm 0,12$ kroppslengder/sek. Dei tre utsettstadgruppene hadde signifikant ulike symjehastigheiter gjennom Bolstadjorden (Welsh-Anova: $F_{2;8,38}=4,92$, $p=0.002$). Smolten frå Vosso vandra raskast med gjennomsnitt på $1,27 \pm 0,91$ kroppslengder i sekundet, Øvre Vossosmolten sumde nest raskast: $0,64 \pm 0,71$ kroppslengder i sekundet, og dernest kom smolten frå Bolstadelva: $0,42 \pm 0,26$ kroppslengder i sekundet.

Opphaldstida for den overlevande villsmolten var i snitt lengst i Vangsvatnet med heile $24,4 \pm 16,7$ dagar. Den same gruppa brukte $10,9 \pm 10,0$ dagar og $4,7 \pm 6,7$ dagar gjennom Evangervatnet og Bolstadjorden. Smolten frå Vosso brukte i snitt $20,2 \pm 21,2$ dagar gjennom

Evangervatnet og $5,2 \pm 9,8$ dagar gjennom Bolstadfjorden, medan villsmolten frå Bolstadelva brukte $18,4 \pm 18,4$ dagar gjennom Bolstadfjorden.



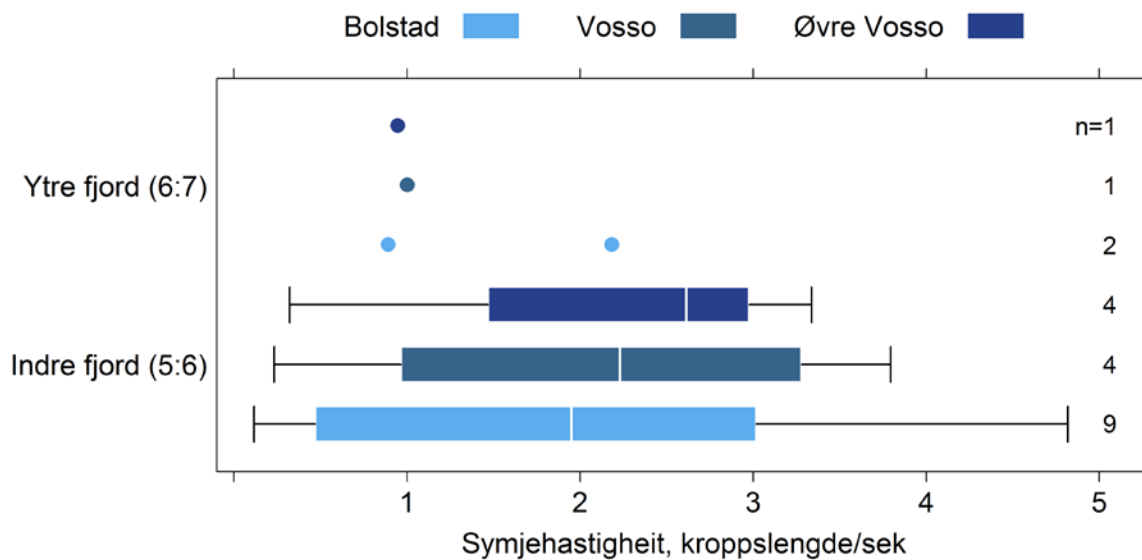
Figur 28. Boxplott av relativ vandringshastigheit hjå AT-merka vill laksesmolt som vart fanga, merka og sett ut på tre stader i Vossovasdraget 2016. Hastigheitene er for vandring gjennom dei to innsjøane og Bolstadfjorden. 90% av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50% av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla.

3.4 Vandring i fjord

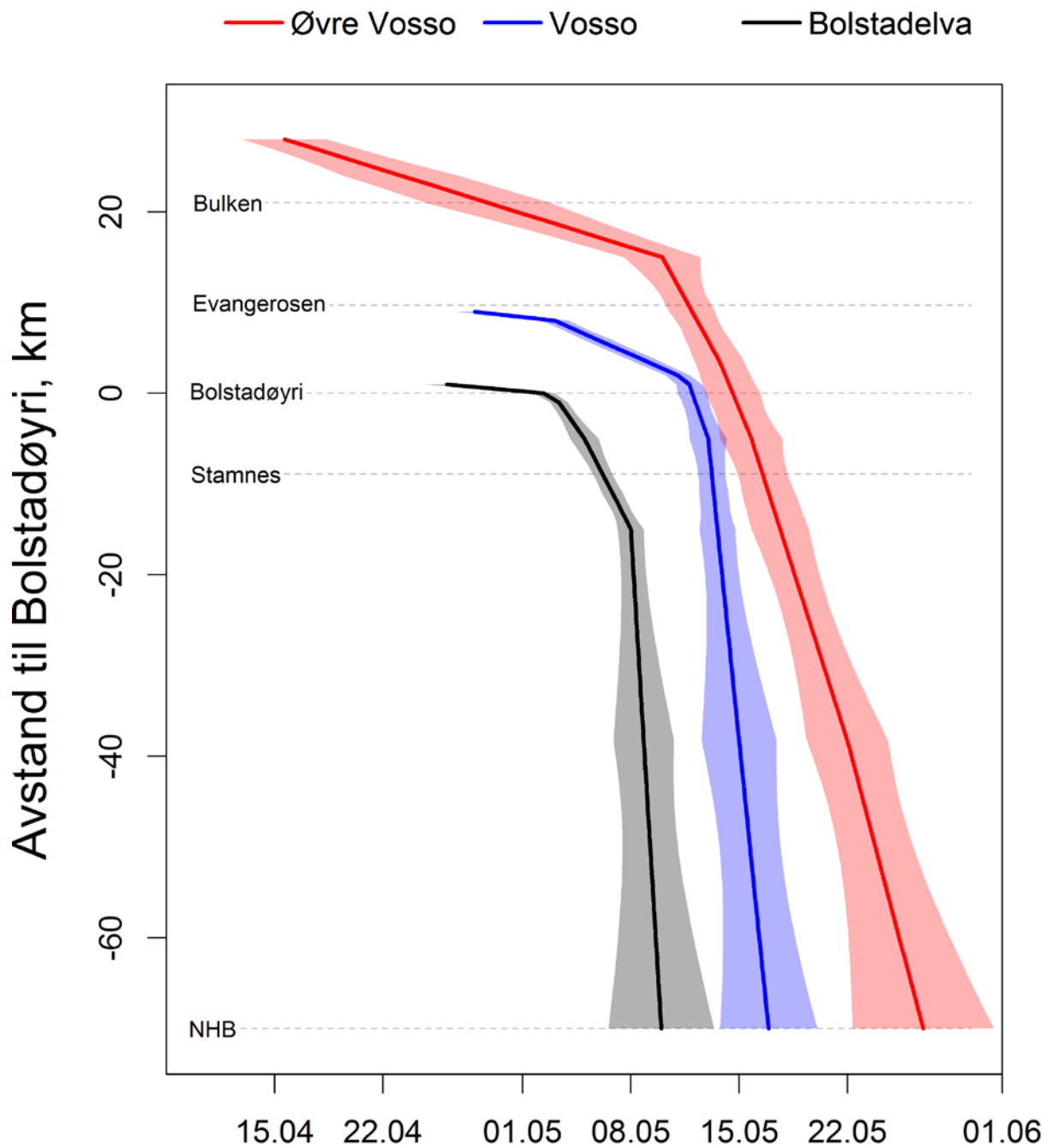
3.4.1 Vandringstid og fart i fjorden

Dei fyrste smoltane som kom til fjordsone 5 og 6 kom, i same følgd, 7. mai og 9. mai. Desse var frå Bolstadelvgruppa. Smolt frå lenger opp i vassdraget kom fyrst 14. og 19. mai (Vossogruppa) og 22. og 27. mai (Øvre Vosso). Det er med andre ord ein stad mellom 2 og 3 veker mellom når smolt frå Bolstadelva og smolt frå Øvre Vosso kjem ut til ytre delar av Osterfjorden (Figur 30).

Vandringshastigheita i fjordområda utanfor Stamnes var i snitt høgare enn i Bolstadfjorden for alle dei tre utsettgruppene (Øvre Vosso: $1,81 \pm 1,41$ kroppslengder/sek (SD); Vosso: $1,90 \pm 1,41$; Bolstadelva: $1,95 \pm 1,47$; Figur 29), men var ikkje signifikant ulik mellom gruppene (Welsh-Anova: $F_{2;7,28}=0,014$, $p=0,98$).



Figur 29. Boxplott av relativ vandringshastighet hjå AT-merka vill laksesmolt som vart fanga, merka og sett ut på tre stader i Vossovassdraget 2016. Hastigheitene er for vandring i fjordområda utanfor Stamnes (sone 5 og utover). 90% av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50% av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla. For ytre del av fjorden var det berre fire individ med deteksjonar, og deira vandringshastigheiter er berre plotta som einskildpunkt (med same fargekode som boksane).



Figur 30. Estimerte tider som dei 25% fyrste overlevande villsmoltane frå tre fangst- og utsettstadar i Vossovassdraget kjem til ulike plassar i utvandringsruta. Plassane er gjeve som avstand til Bolstadstadøyri. Estimata med tilhøyrande 95% konfidensintervall (ljose felt) kjem frå additive kvantilregresjonsmodellar. For å lette tolkinga av figuren har respons (y) og effekt (x) bytt plass, og lokalisering av nokre av stasjonane er gjeve med stipla liner. NHB=Nordhordlandsbrua.

3.5 Lagnadsanalyser

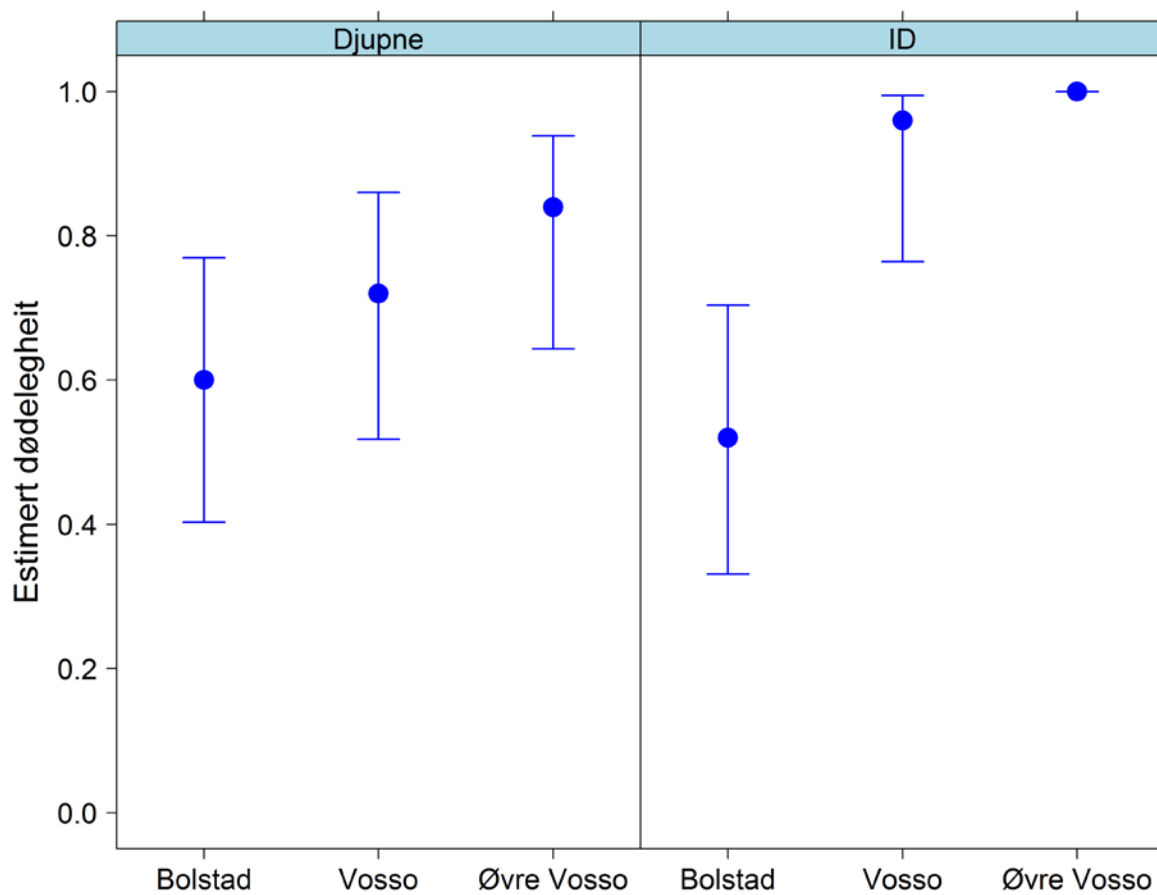
3.5.1 Lagnadsfaktorar for overleving til sjø

Basert på lagnadsvurderingane (dvs om fisken overlever eller døyr, om han døyr, kvar han døyr og om han vert eten eller døyr av andre årsaker) tilpassa vi ulike modellar for å vurdere årsaksfaktorar bak dei ulike lagnadene. Lagnadsvurderingane er framstilt i Tabell A 1.

Den mest støtta modellen tilpassa for å estimere sannsyn for å dø under utvandringa seier at ein mest effektivt kan estimere dette ut frå kvar fisken vert sett ut og kva type merke dei vart merka med (Tabell 6). Denne modellen estimerer at den totale dødelegheita er høgast for smolt med ID-merke som vart sett ut i Øvre Vosso (Figur 31). Alle i denne gruppa døyde under utvandringa. Dødelegheita vart estimert noko lågare for smolt sett ut same stad, men med djupnemerke ($0,84 \pm 0,07$ ($\pm SE$)). Det same mønsteret vart funne for smolt utsett i Vosso; ID-merka smolt hadde høgare dødelegheit enn djupnemerka smolt (i same følgda, $0,96 \pm 0,04$ og $0,72 \pm 0,09$). For smolt sett ut i Bolstadelva var dødelegheitsestimata meir like mellom dei to gruppene, faktisk med litt høgare dødelegheit for djupnemerka smolt ($0,52 \pm 0,10$ og $0,60 \pm 0,09$). Modellen med nest mest stønad hadde 1,3 AICc-einingar høgare verdi og same modellstruktur som den utvalde modellen (Tabell 6), men med lengde som additiv effekt i tillegg. Denne lengdeeffekten var svakt negativ (logit-parameter: $-0,030 \pm 0,031$ ($\pm SE$)), dvs. at sannsynet for å dø under utvandringa gjekk svakt ned med aukande smoltstorleik.

Tabell 6. Modellutveljingstabell for tilpassa kandidatmodellar som estimerer sannsyn for å dø under utvandringa hjå ville AT-merkte laksesmolt i Vossovassdraget 2016. Modellane vart tilpassa som generaliserte lineære modellar med logit-link. k=talet på estimerte parameterar, AICc = korrigert Akaiikes Informasjonkriterium, $\Delta AICc$ = differanse mellom ein modell sin AICc-verdi og lågaste AICc, AICWt = Relativ AICc-stønad til einskildmodellane, Cum.Wt = kumulert AICWt, LL = logLikelihood. Modell: $Pr(døy) = \text{Modellstruktur}$.

Modellstruktur	k	AICc	$\Delta AICc$	AICcWt	Cum,Wt	LL
Merketype*Utsettstad	6	140,88	0,00	0,48	0,48	-64,15
Merketype*Utsettstad+Lengde	7	142,19	1,30	0,25	0,73	-63,70
Utsettstad+Lengde	4	144,07	3,19	0,10	0,83	-67,90
Utsettstad+MerkeVekt	4	145,45	4,56	0,05	0,88	-68,58
Merketype+Utsettstad+Lengde	5	146,12	5,24	0,04	0,91	-67,85
Utsettstad	3	146,60	5,72	0,03	0,94	-70,22
Merketype*Lengde+Utsettstad	6	147,39	6,50	0,02	0,96	-67,40
Utsettstad*Lengde	6	147,50	6,62	0,02	0,98	-67,46
Utsettstad*MerkeVekt	6	147,86	6,97	0,01	0,99	-67,63
Merketype+Utsettstad*Lengde	7	148,88	8,00	0,01	1,00	-67,04
Merketype*Lengde	4	162,07	21,18	0,00	1,00	-76,89
Merketype	2	162,19	21,31	0,00	1,00	-79,06
konstant	1	162,59	21,71	0,00	1,00	-80,28
MerkeVekt	2	163,97	23,09	0,00	1,00	-79,94
Lengde	2	164,13	23,24	0,00	1,00	-80,02



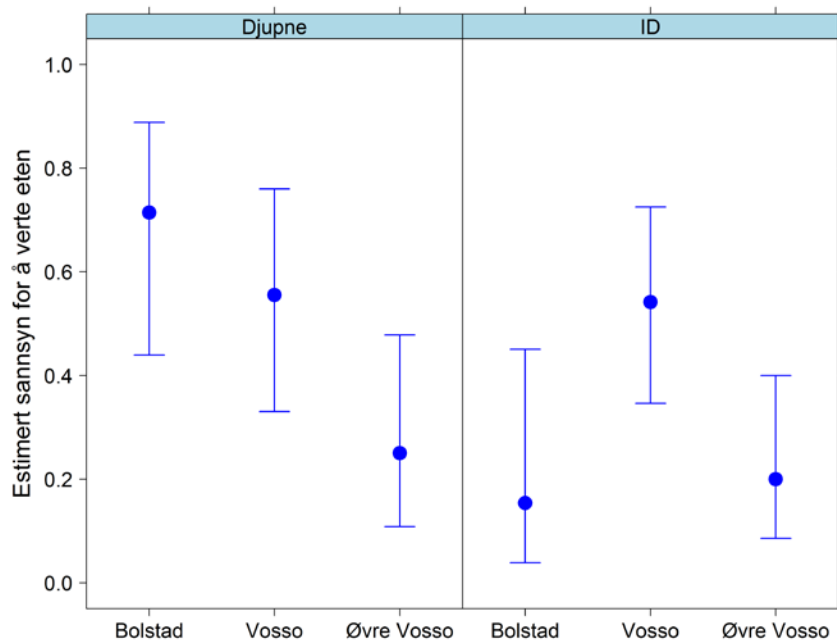
Figur 31. Estimerte sannsyn for at ein AT-merkt vill laksesmolt frå Vossovassdraget skal dø under utvandringa i Vossovassdraget 2016 (ut til Stamnes) som funksjon av utsettstad og merketype. Estimata er frå den utvalde modellen som kjem fram frå Tabell 6. Dei vertikale strekane utgjer 95% konfidensintervall.

Av kandidatmodellane som vart tilpassa for å finne gode forklaringsfaktorar for kva som påverkar sannsynet for å verte eten (gjeve at smolten kjem til å dø), vart same modellstruktur som for sannsynet for å dø favorisert (Tabell 7). Det same mønsteret vart estimert for både smolt sett ut i Øvre Vosso og i Vosso der sannsynet for å verte eten var likt mellom merketypane, men sannsynet var høgast hjå Vossosmolten ($0,55 \pm 0,12$ mot $0,25 \pm 0,10$; Figur 32A). For smolt sett ut i Bolstadelva var det mykje meir sannsynleg at smolt med djupne-merke vart etne ($0,71 \pm 0,12$) enn at dei med Id-merke vart det ($0,16 \pm 0,10$). Den nest mest støtta modellen for sannsynet for å verte eten inneheldt ein additiv effekt av fiskelengde saman med interaksjonseffekt mellom utsettstad og merketype (Tabell 7). Denne modellen hadde marginalt mindre stønad enn den utvalde modellen ($\Delta AICc=0,36$), og estimerer at sannsynet for å verte eten aukar svakt med *aukande* smoltstorleik (Figur 32B). Som det kjem fram frå figuren er konfidensintervallet breitt og effekten er ikkje statistisk signifikant (LR-test, $p=0,40$).

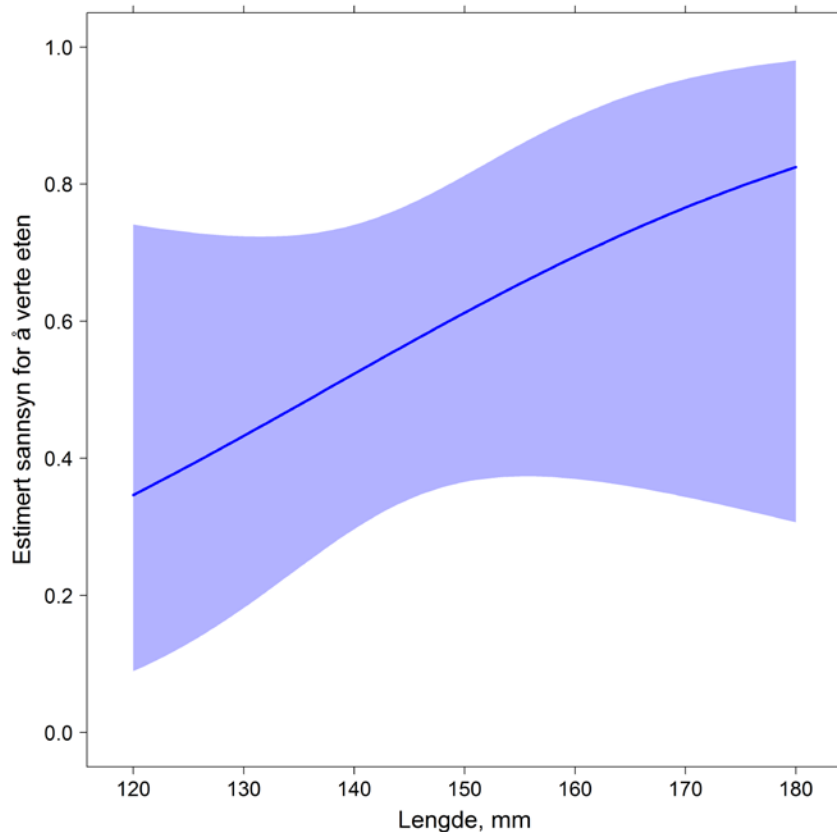
Tabell 7. Modellutveljingstabell for tilpassa kandidatmodellar som estimerer sannsyn for å verte eten (gjeve at den døyr) under utvandringa hjå ville AT-merka laksesmolt i Vossovassdraget 2016. Modellane vart tilpassa som generaliserte lineære modellar med logit-link. k =talet på estimerte parameterar, $AICc$ = korrigert Akaikes Informasjonkriterium, $\Delta AICc$ = differanse mellom ein modell sin $AICc$ -verdi og modellen med lågast $AICc$, $AICWt$ = Den relative $AICc$ -stønaden til einskildmodellane, $Cum.Wt$ = kumulert $AICWt$, LL = \log Likelihood. Modell: $Pr(eten|døyr)=$ Modellstruktur.

Modellstruktur	K	AICc	$\Delta AICc$	AICcWt	Cum,Wt	LL
Merketype*Utsettstad	6	146,05	0,00	0,20	0,20	-66,63
Utsettstad*Lengde	6	146,26	0,21	0,18	0,39	-66,73
Merketype*Utsettstad+Lengde	7	146,41	0,36	0,17	0,56	-65,67
Utsettstad*Merkevekt	6	147,01	0,96	0,13	0,69	-67,11
Utsettstad+Merkevekt	4	147,31	1,26	0,11	0,80	-69,47
Merketype+Utsettstad*Lengde	7	148,52	2,47	0,06	0,85	-66,73
Merketype+Utsettstad+Lengde	5	148,83	2,78	0,05	0,91	-69,13
Utsettstad	3	148,83	2,78	0,05	0,96	-71,31
Merketype*Utsettstad+Utsettstad*Lengde	9	150,98	4,93	0,02	0,97	-65,62
Merketype*Lengde+Utsettstad	6	151,01	4,97	0,02	0,99	-69,11
Merketype	2	154,09	8,04	0,00	0,99	-74,99
Konstant	1	154,98	8,94	0,00	1,00	-76,47
Lengde	2	155,96	9,91	0,00	1,00	-75,92
Merkevekt	2	156,00	9,96	0,00	1,00	-75,95

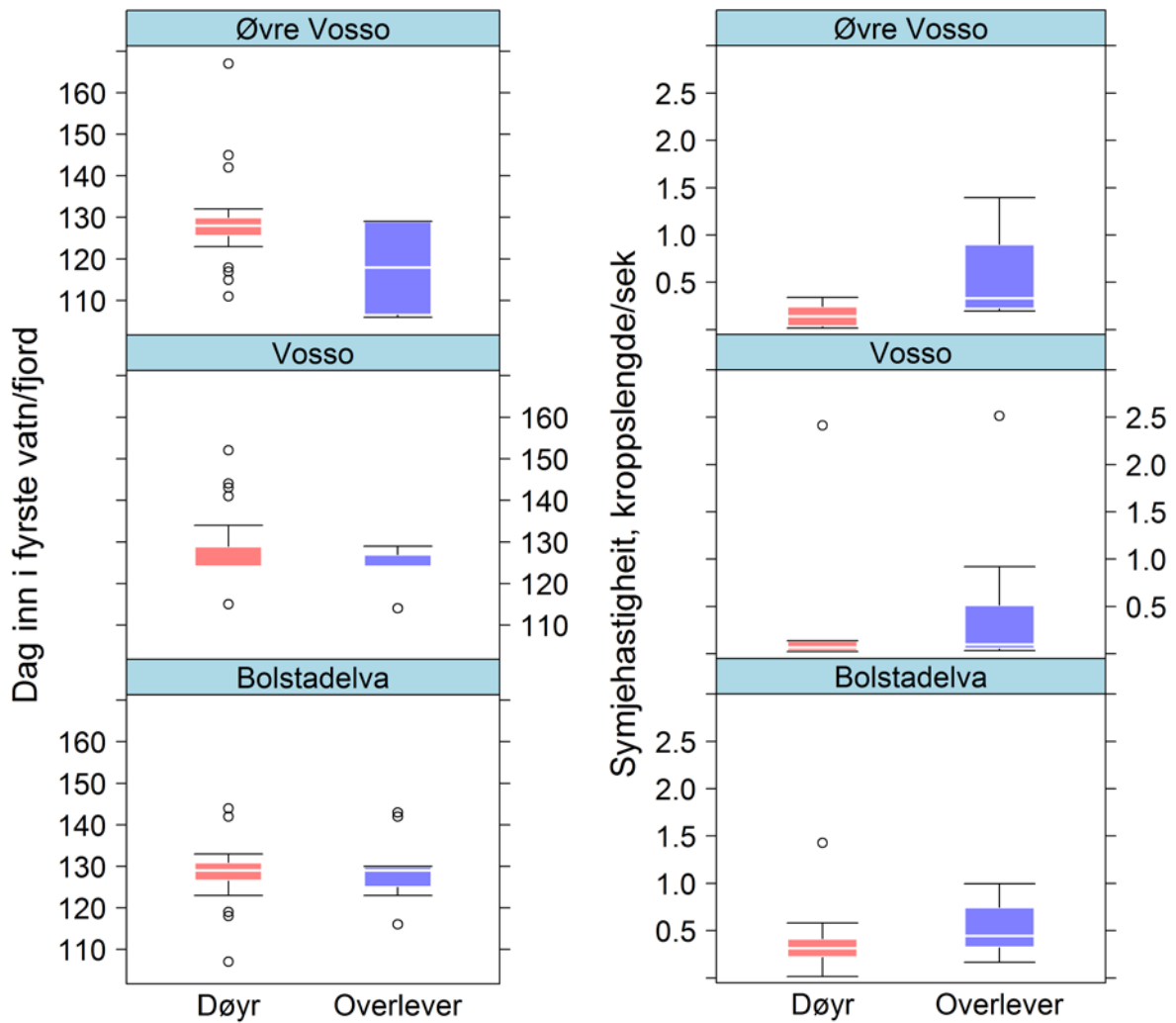
A)



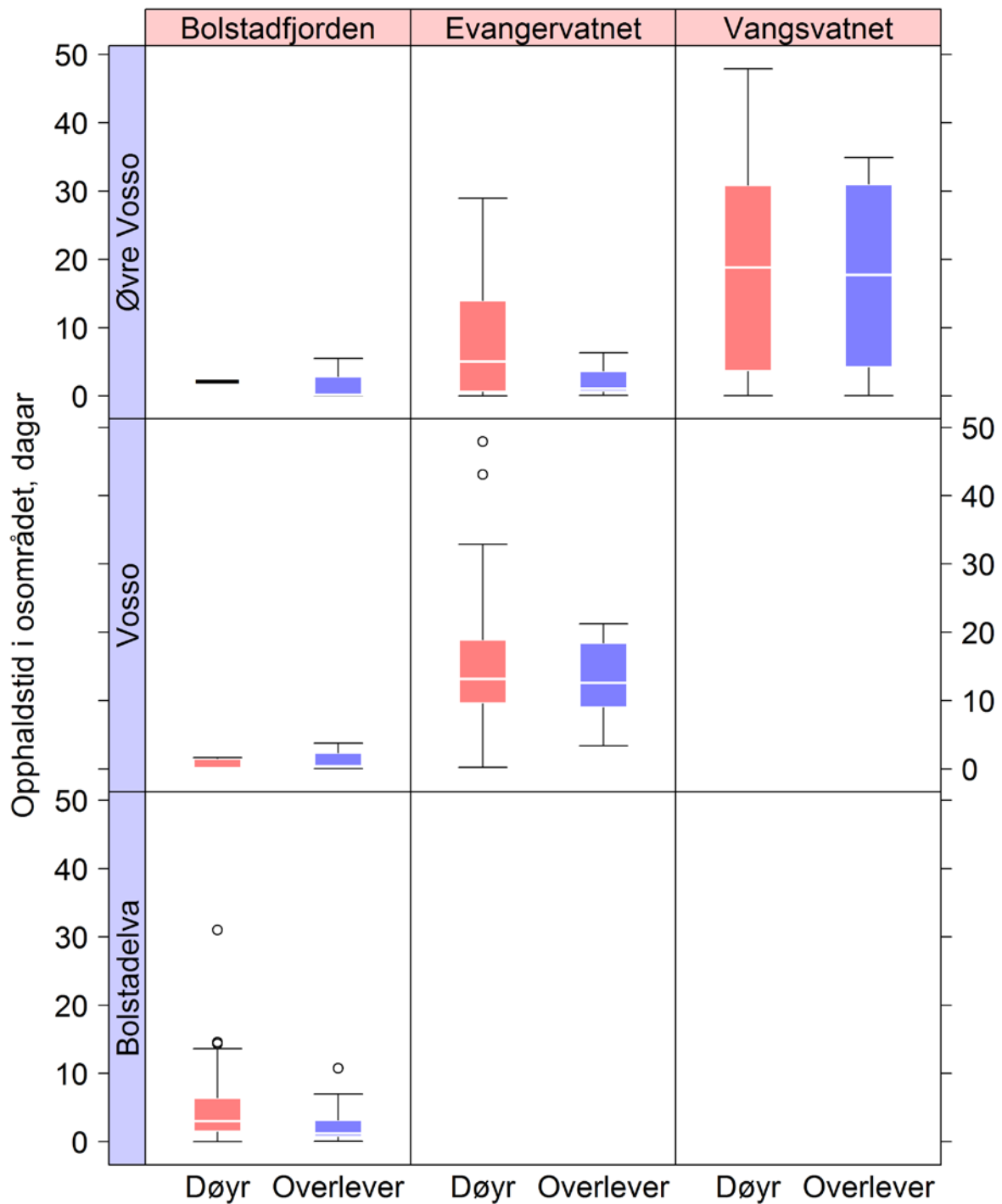
B)



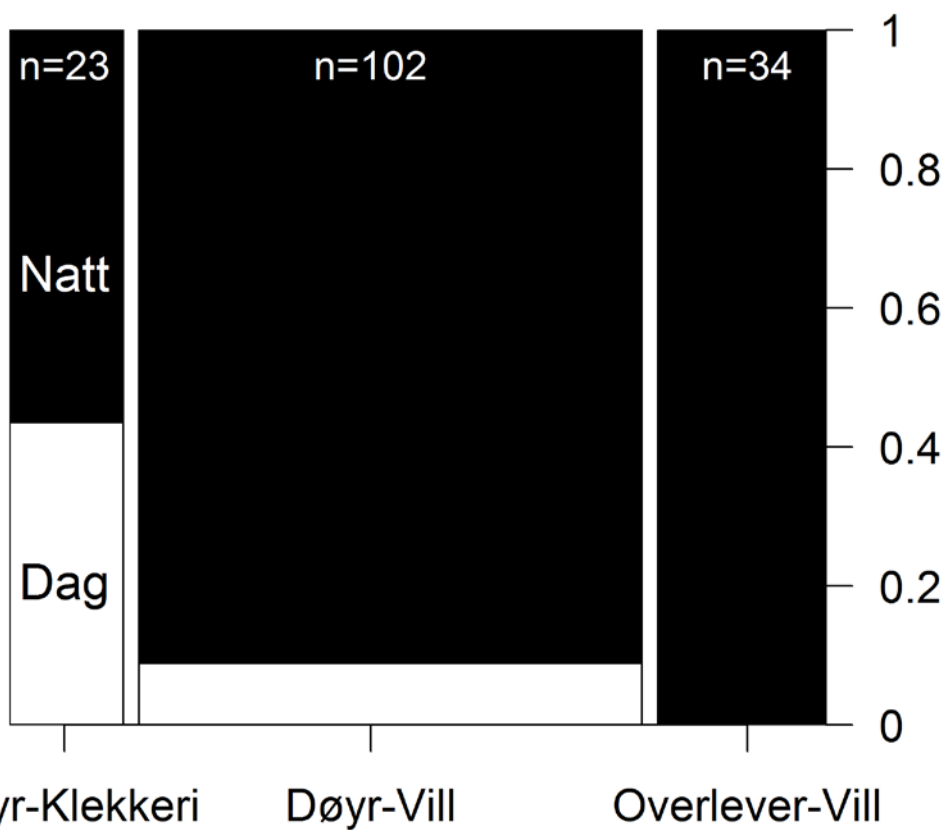
Figur 32. A. Estimerte sannsyn for at ein AT-merkt vill laksesmolt frå Vossovassdraget skal verte eten (gjeve at den døyr) som funksjon av utsettstad og merketype. Estimata er frå den utvalde modellen (Tabell 7). Dei vertikale strekane er 95% konfidensintervall. B. Estimerte sannsyn for at AT-merkt vill laksesmolt frå Vossovassdraget skal verte eten (gjeve at den døyr) som funksjon av lengde. Estimata er den nest mest støtta ($\Delta AICc=0,36$, Tabell 7). Det ljoseblå arealet kring den blå lina utgjer 95% konfidensintervall.



Figur 33. Boxplott av AT-merka villsmolt med ulike lagnader og deira innvandringsdato til og vandringshastighet gjennom fyrste innsjø/fjord dei kjem til nedstraums utsettstaden. 90% av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50% av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla.



Figur 34. Boxplott av AT-merka villsmolt med ulike lagnader og deira opphaldstid i innsjø/fjord som dei kjem til nedstraums utsettstaden (gjeve i dei ljoseblå boksane til venstre). 90% av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50% av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla.



Figur 35. Forholdet mellom natt- og dagtidvandring og lagnad hjå AT-merka villsmolt av laks i Vossovassdraget 2016.

3.5.2 Estimert overleving i ulike delar av utvandningsruta

CJS (Cormack-Jolly-Seber parameterisering) modellen som fekk størst AICc-stønad inneheld uavhengige soneeffektar mellom dei sju smoltgruppene – dvs $\phi = \text{gruppe} \times \text{sone}$ – og berre soneeffekt for atfangstsannsyn ($p = \text{sone}$). Det vart tilpassa ei rekkje andre kandidatmodellar, der den mest støtta modellen fekk 12,3 AICc-einingar lågare enn den nest mest støtta modellen. Det var liten stønad for smoltlengdeeffektar for både overlevings- og observasjonssannsyn. For overlevingsmodellen med storleikseffektar med mest AICc-stønad var ingen av storleikseffektane hjå dei fem merkegruppene signifikante, og tre av dei hadde jamvel negative koeffisientar.

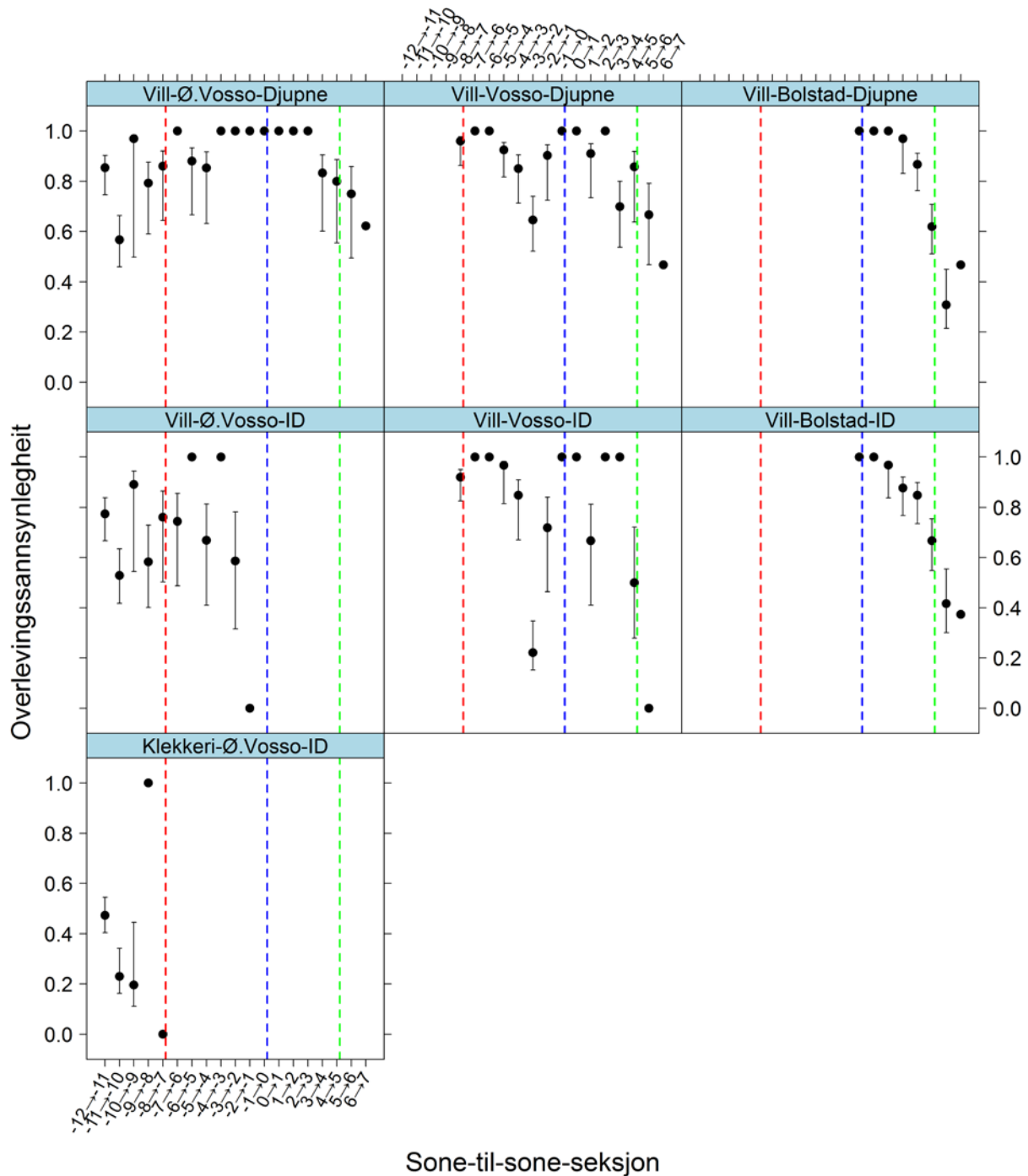
Parameterestimata for den mest støtta modellen kjem fram av Tabell 8, og dei tilhøyrande prediksjonsplotta kjem fram av Figur 36. For smolt som vart sett ut i Øvre Vosso var det berre villsmolt med djupnerke som vart estimert til å overleve heile vegen til Stamnes (sone 5). Om ein gjer om estimata til total overleving for dei om lag 45 km frå utsetjingsstaden til Stamnes vert det 17% av denne gruppa som overlever ($0,93^{2,2\text{km}} \times 0,86^{3,8\text{km}} \times 0,98^{3\text{km}} \dots \times 0,90^{1,8\text{km}} \times 0,87^{1,6\text{km}} = 0.160$). Tilsvarende tal for villsmolt med djupnerke som vart sett ut i Vosso var 24%. Estimerte (frå Tabell 8-estimata) kumulerte overlevingsannsyn for heile utvandningsruta er framstilte i Figur 37, og gjev ei enkel framstilling av kor stor del av individa som er forventa skal vere att gjennom heile utvandningsruta.

Dei kilometerspesifikke estimata i Tabell 8 peiker på kvar flaskehalsane i utvandningsruta er lokalisert. Generelt er overlevinga høg pr kilometer (>98%) i alle dei tre elvestrekningane av utvandningsruta, men lågast i Øvre Vosso kor 11% og 7% dør pr kilometer for id-merka og djupnerka fisk. I Vangsvatnet er dei høgaste dødelegheitene mellom sona ved innosen til midt i vatnet. Her dør om lag 15% av smolten per kilometer for både id- og djupnerka fisk. Ved utosen av Vangsvatnet var om lag 47% av dei djupnerka smoltane frå Øvre Vosso framleis i live, medan 36% av dei id-merka individa var i live (og truleg berre eitt klekkjeriindivid).

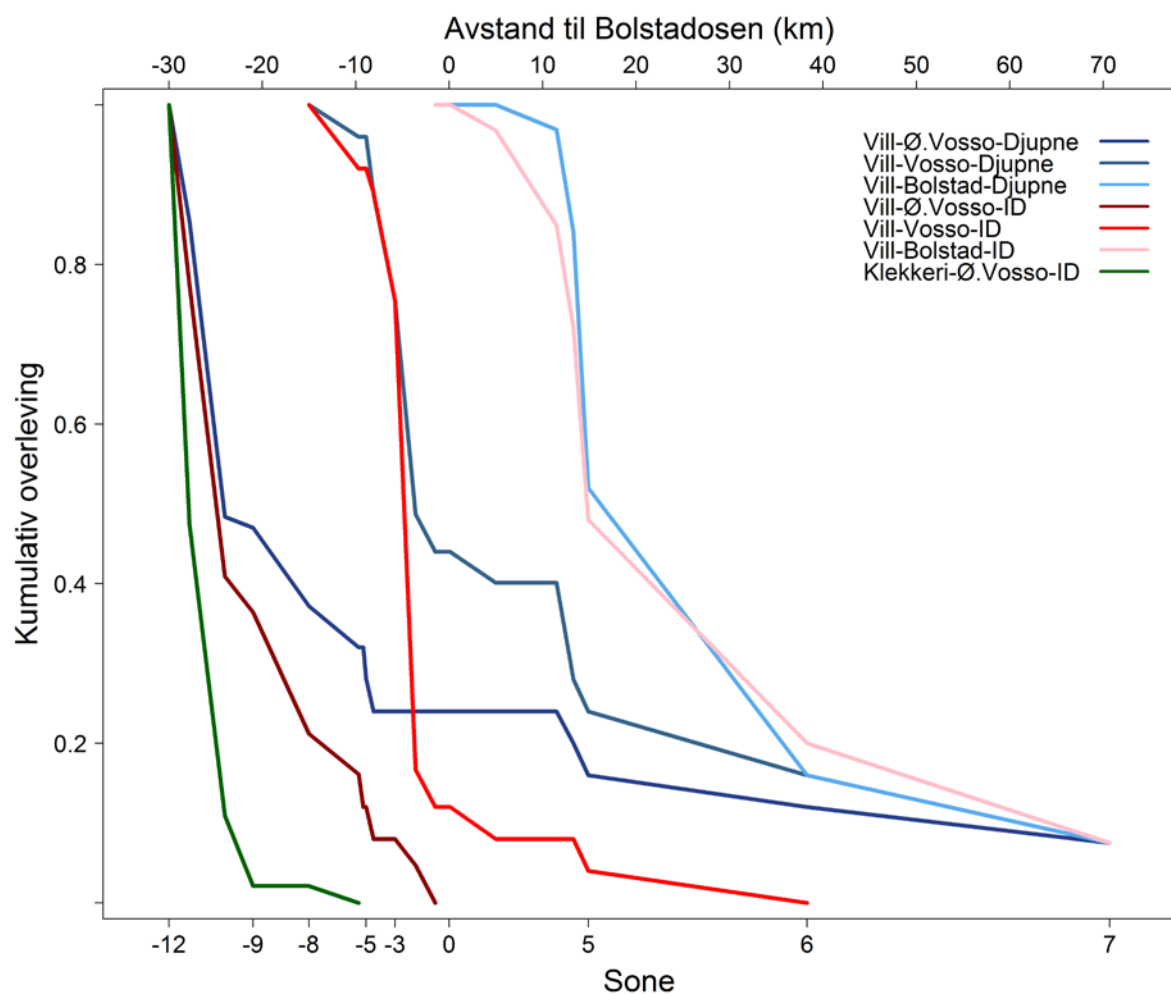
I Evangervatnet er biletet litt meir komplisert, men generelt synest dødelegheita å vere høgast i siste halvdel av vatnet for tre av fire av merkegruppene. Særlig er dødelegheita høg mellom sone -3 og -2, kor id-merka Vossosmolt dør med ei rate på heile 50% pr kilometer. Tilsvarende tal for djupnerka Vossosmolt og id-merka smolt frå Øvre Vosso var 18% og 22%. Djupnerka smolt frå Øvre Vosso hadde høgste dødsrate i Evangervatnet mellom sonene -6 og -5 der heile 35% av smolten fall frå pr kilometer. Ved utosen av Evangervatnet var om lag 48% av dei djupnerka smoltane frå Vosso i live og berre 17% av dei id-merka Vossosmoltane.

For Bolstadfjorden og vidare utover mot ytre fjord var den viktigaste flaskehalsen lokalisert i området mellom Straume og Stamnes. I dette området fall frå 9% (djupnerka frå Vosso) til 35% (id-merka frå Vosso) av smolten frå pr kilometer. Fråfallet i ytre fjord er usikkert då dekkinga med bøyer ikkje var særleg høg, men ingen av gruppene hadde estimert dødsrate per kilometer over 0,05 per kilometer. Overlevinga for det siste overlevingsintervallet (mellom

sone 6 og 7) let seg ikkje estimere då deteksjonssannsynet for sone 7 er ukjent. I staden er dette deteksjonssannsynet her sett til 1 slik at overlevingsestimaten for siste intervall utgjer produktet av overlevings- og deteksjonssannsyn.



Figur 36. CJS-estimerte overlevings sannsyn mellom dei ulike sonene for dei sju smoltgruppene i studien. X-Y-Z i panelskilta tyder opphavsgruppe X vart set ut på stad Y med merketype Z implantert. Sannsyna er totaloverleving mellom soner, og 95% konfidensintervall er framstilt som svarte, vertikale stolpar. Den raude vertikale stipla lina syner innløpsosen til Evangervatnet, den blå lina er Bolstadelva sitt utlaup i Bolstadfjorden, og den grøne lina markerer Stamnes



Figur 37. Estimert kumulativ overleving ved ulike avstandar til sone 0 for dei sju smoltgruppene. Estimata er basert på tala i Tabell 8. Sone -11 er ved innløpsosen til Vangsvatnet, sone -7 ved innløpsosen til Evangervatnet, og sone 5 er ved Stanneshella. I og med at x-aksen er på km-skala, vil hellinga på linene peike på kvar fråfallet av smolt er raskast (talet på daude pr km).

Tabell 8. Parameterestimat for CJS-modellen som estimerer sannsyn for å overleve (ϕ) pr kilometer mellom (dvs frå-til) dei ulike stasjonane i utvandningsruta til dei sju AT-merkte laksesmoltgruppene i Vossovassdraget 2016. Deteksjons-sannsynet (p) er parameterisert likt for alle dei sju gruppene, der p vert estimert for til-sona. Estimata er gjeve under Est-kolonnane, og den tilhøyrande standardfeilen er gjeve som SE. Dei grå områda utgjer parametrar som ikkje er estimerbare (sjå Figur 15). Deteksjons-sannsyn for sone 7 vart fiksert til 1 då denne ikkje er estimerbar.

Sone		Gruppe: Avstand	Overlevingssannsyn (ϕ)														Deteksjons-sannsyn (p)	
Frå	Til		Vill-ØV-D		Vill-Vo-D		Vill-Bo-D		Vill-ØV-ID		Vill-Vo-ID		Vill-Bo-ID		Klekk-ØV-ID		Alle	
			Est	SE	Est	SE	Est	SE	Est	SE	Est	SE	Est	SE	Est	SE	Est	SE
-12	-11	-27.8	0.93	0.04					0.89	0.05					0.71	0.05	0.96	0.04
-11	-10	-24.0	0.86	0.04					0.85	0.05					0.65	0.08	0.89	0.07
-10	-9	-21.0	0.98	0.03					0.95	0.06					0.00	0.00	0.79	0.11
-9	-8	-15.0	0.97	0.03					0.92	0.05							0.75	0.12
-8	-7	-9.7	0.97	0.03	0.99	0.01			0.95	0.05	0.98	0.01					0.97	0.02
-7	-6	-9.2	1.00	0.00	1.00	0.00			0.55	0.33	1.00	0.00					0.97	0.02
-6	-5	-8.9	0.65	0.29	1.00	0.00			1.00	0.00	1.00	0.00					0.96	0.02
-5	-4	-8.1	0.82	0.16	0.91	0.07			0.60	0.31	0.96	0.05					0.95	0.03
-4	-3	-5.8	1.00	0.00	0.93	0.04			1.00	0.00	0.93	0.05					0.87	0.07
-3	-2	-3.6	1.00	0.00	0.82	0.07			0.78	0.26	0.50	0.10					0.85	0.08
-2	-1	-1.5	1.00	0.00	0.95	0.05					0.85	0.13					0.50	0.11
-1	0	0.0	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00			1.00	0.00	1.00	0.00			0.94	0.03
0	1	0.1	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00			1.00	0.00	1.00	0.00			1.00	0.00
1	2	5.0	1.00	0.00	0.98	0.02	1.00	0.00			0.92	0.08	0.99	0.01			0.94	0.03
2	3	11.5	1.00	0.00	1.00	0.00	0.99	0.01			1.00	0.00	0.98	0.01			0.93	0.03
3	4	13.3	0.90	0.09	0.82	0.09	0.92	0.04			1.00	0.00	0.91	0.05			1.00	0.00
4	5	14.9	0.87	0.12	0.91	0.09	0.74	0.08			0.65	0.29	0.78	0.08			1.00	0.00
5	6	38.3	0.99	0.01	0.98	0.01	0.95	0.02					0.96	0.01			1.00	0.00
6	7	70.7	0.97	0.02	0.96	0.03	0.96	0.03					0.95	0.03			1.00	fix

3.5.3 Eppersøksdata

Eppersøksdata frå 27. og 28. august 2016 gav data som langt på veg stadfesta funna frå merke-attfangstanalysane: opphoping av daude individ fyrste del av Vangsvatnet og mange daude mellom sone -4 og -3 i Evangervatnet, og dessutan i sone -7 (Figur 38). Desse funna syner at smolten ikkje døyr/vert liggjande att på tilfeldige stader i vatna, og at dei to vatna har litt ulike romlege mønster på kvar fisken vert liggjande att, der begge vatna har opphoping av daude individ i områda rett nedstraums innosområdet, medan Evangervatnet har ein ekstra opphoping i området rett nedstraums kraftverksutlaupet (sone -4 og -3).

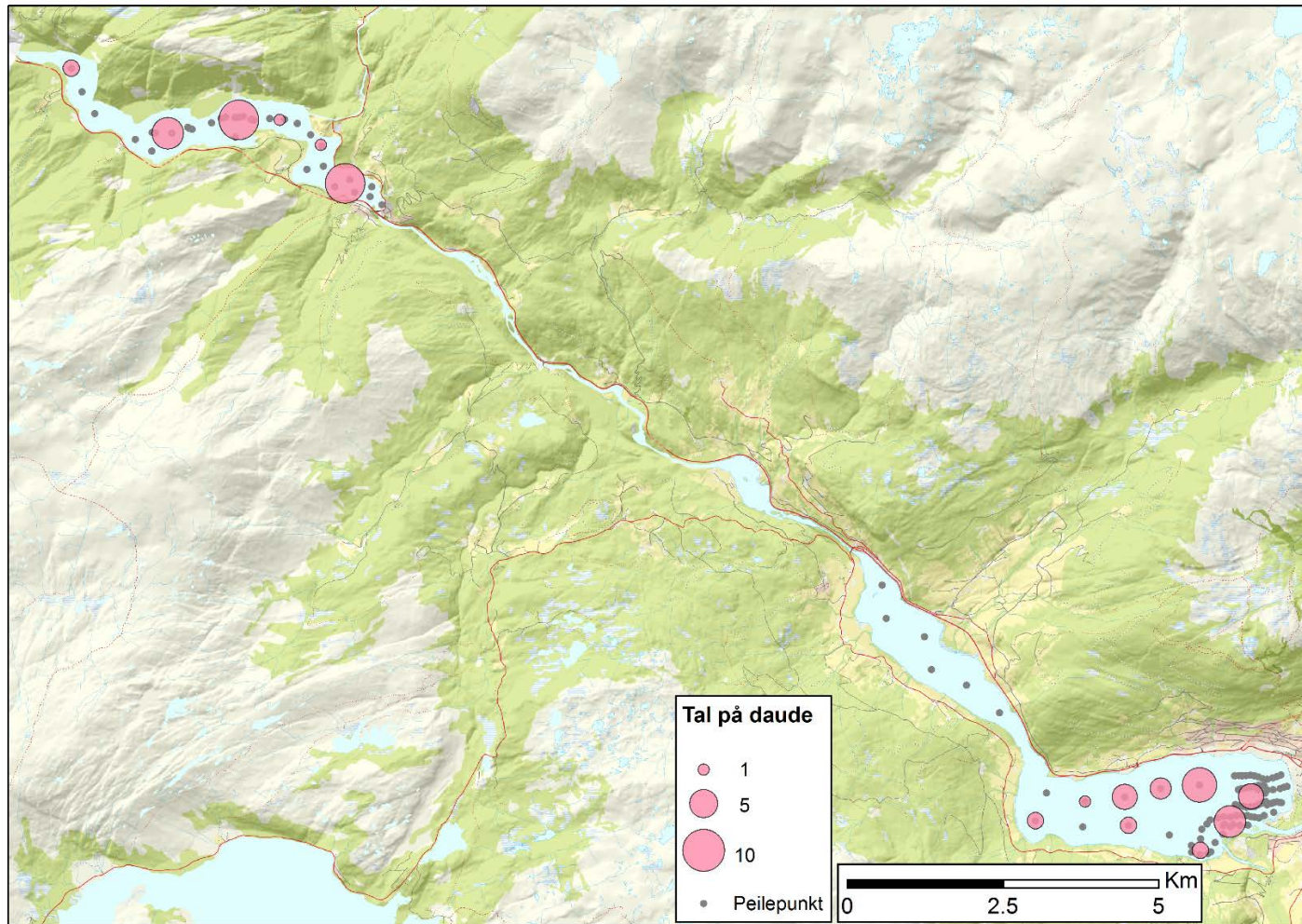
3.6 Vandringsdjup

Den ville smolten med djupnemerke synte tydelege døgervandringar gjennom heile utvandringruta. Eit døme på djupnebruk er vist i Figur 39. Ein blanda lineær modell som estimerer gjennomsnittleg djupnebruk hjå dei overlevande smoltane som funksjon av kvar i vassdraget dei er og tid på døgeret (natt eller dag), syner at djupnebruken over døgeret endrar seg signifikant gjennom vassdraget ($p_{T_{pD} * L_{ok}} < 0.00001$; Tabell 9). Modellen forklarar >70% av variasjonen i djupnebruken, men om lag 50% av denne variasjonen vert fanga opp av innan-individ (~13%) og innan-individ-mellom-lokalitetvariasjon (~36%). Prediksjonane frå modellane kjem fram av Figur 40. Vi ser her at smolten symjar på djupare vatn om dagen enn om natta i alle lokalitetane, og at dei nyttar djupare vatn både dag og natt i dei to innsjølokalitetane samanlikna med fjordhabitata.

Skilnaden mellom gjennomsnittleg djupnebruk dag og natt er størst i Evangervatnet, der djup på dagtid var $12,7 \pm 1,1$ m (\pm SE) og om natta $5,4 \pm 1,1$ m. Tilsvarende tal for Vangsvatnet var djupna $13,0 \pm 1,3$ m og $8,9 \pm 1,3$ m. I Bolstadfjorden og ytre fjord var skilnaden mykje mindre: $2,4 \pm 1,0$ m og $1,9 \pm 1,0$ m (same følgda). Om ein ser nærare på den totale djupnebrukamplituda gjennom døgeret (dvs. differansen mellom maksdjup dagtid og minste djup om natta), kjem same bilete fram: størst amplitude for smolten gjennom Evangervatnet, nest størst for Vangsvatnet og dernest Bolstadfjorden, og så avtakande utover fjordsystemet (Figur 41).

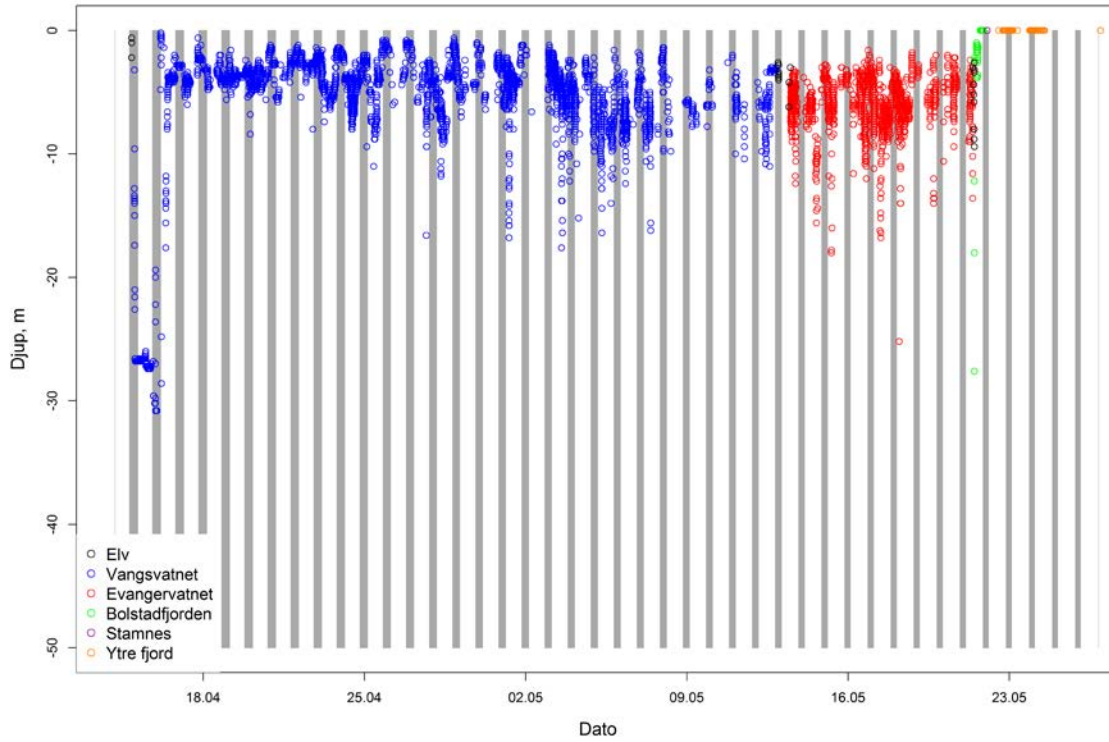
Tabell 9. Parameterestimat og tilhøyrande test-statistikk (Anova med Satterthwaite-tilnærming) for blanda lineær modell som estimerer djupnebruk (ln-tranformert) som funksjon av lokalitet (Lok) og tid på døgeret (TpD) for *overlevande* vill AT-merka laksesmolt i Vossovassdraget 2016. For dei tilfeldige effektar i modellen var individ nøsta under lokalitet, og dei tilhøyrande variansestimata for desse komponentane er gjeve i tabellen. Modell forklaringsgrad: $R^2_m=0.201$, $R^2_c=0.703$ (etter Nakagawa og Schielzeth (2013)). SE = stadardfeil, SS = kvadratsum, DF = fridomsgrad (tellar;nemnar), F= Fisher sin testobservator, p = signifikansverdi.

Parameterestimat			Test-statistikk				
Faktor	Estimat	SE	Effekt	Type 3 SS	DF	F	p
Intercept[Bolstadfjorden;Dag]	0,854	0,223	Lok	15,27	4;51	6,3	0,00034
Lok[Evangervatnet]	1,684	0,326	TpD	189,95	1;130159	313,4	<0,00001
Lok[Stamnes]	0,165	0,311	TpD*Lok	2626,91	4;148470	1083,2	<0,00001
Lok[Vangsvatnet]	1,708	0,505					
Lok[Ytre fjord]	0,363	0,353	Tilfeldige effektar				
TpD[Natt]	-0,163	0,011	Gruppe	Varians			
TpD[Natt]*Lok[Evangervatnet]	-0,688	0,012	Id:Lok	0,7573			
TpD[Natt]*Lok[Stamnes]	-0,305	0,077	Id	0,2797			
TpD[Natt]*Lok[Vangsvatnet]	-0,214	0,016	Resid	0,6060			
TpD[Natt]*Lok[Ytre fjord]	-0,045	0,088					

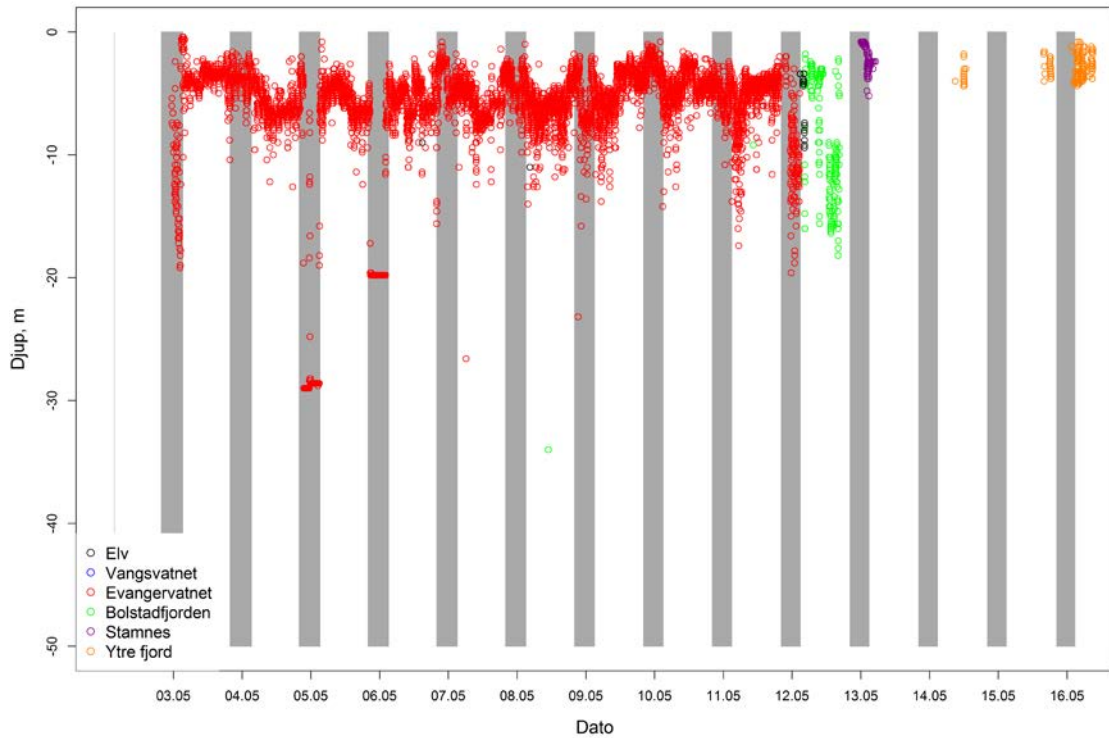


Figur 38. Bobleplott av talet på daude individ som vart detektert under ettersøkspeilinga med VR100 og TBR i Vangsvatnet og Evangervatnet 27. og 28. august 2016. Dei ulike peilepunkta der det vart lytta i minst 5 minutt er gjeve som grå punkt, og tal på unike individdeteksjonar er gjeve som boblestørleik. For individ som vart detektert på fleire peilepunkt, vart punktet med flest deteksjonar nytta som observasjonspunkt. I område med tette peilepunkt var data slått saman til eit gjennomsnittleg peilepunkt.

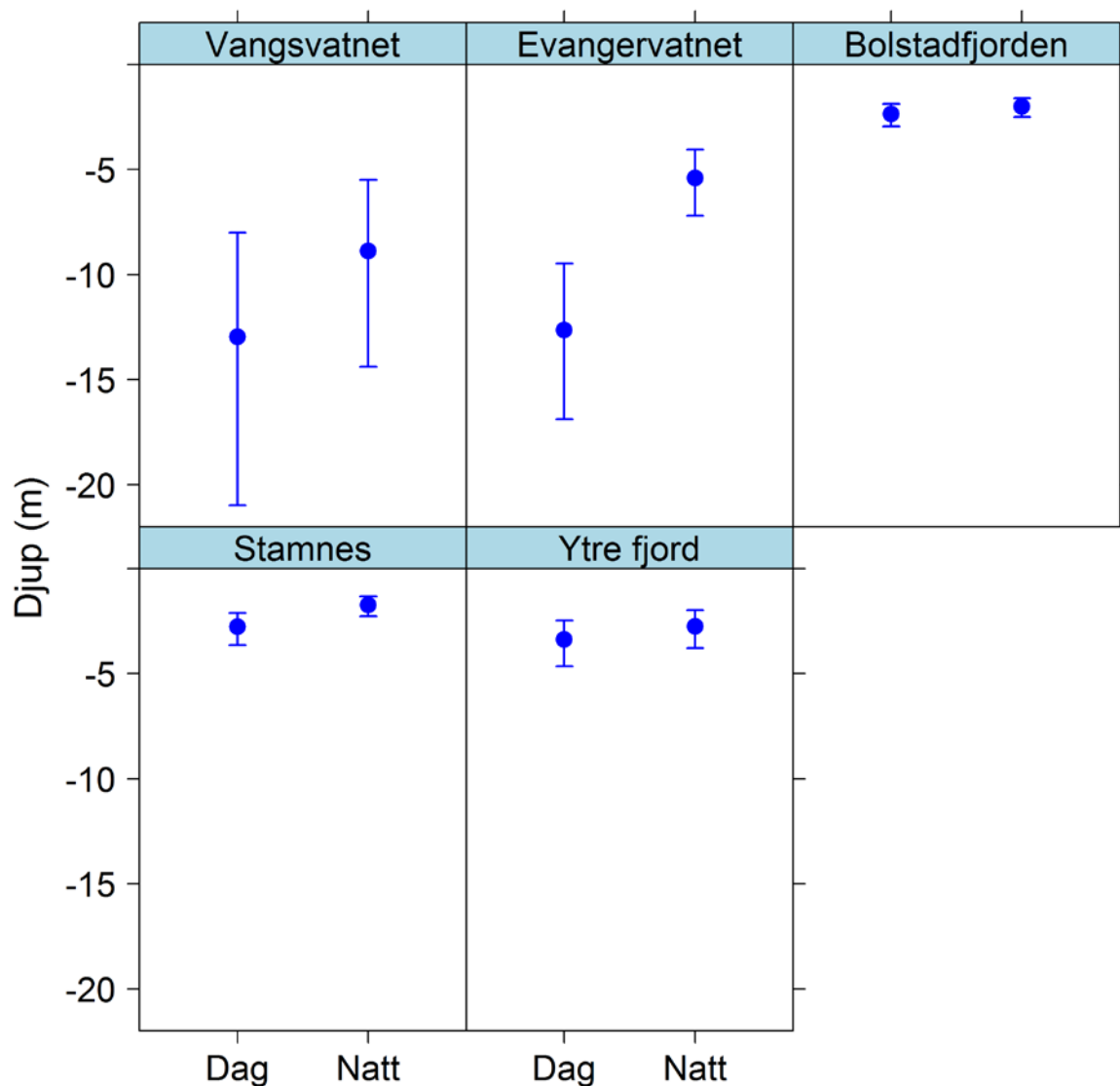
157



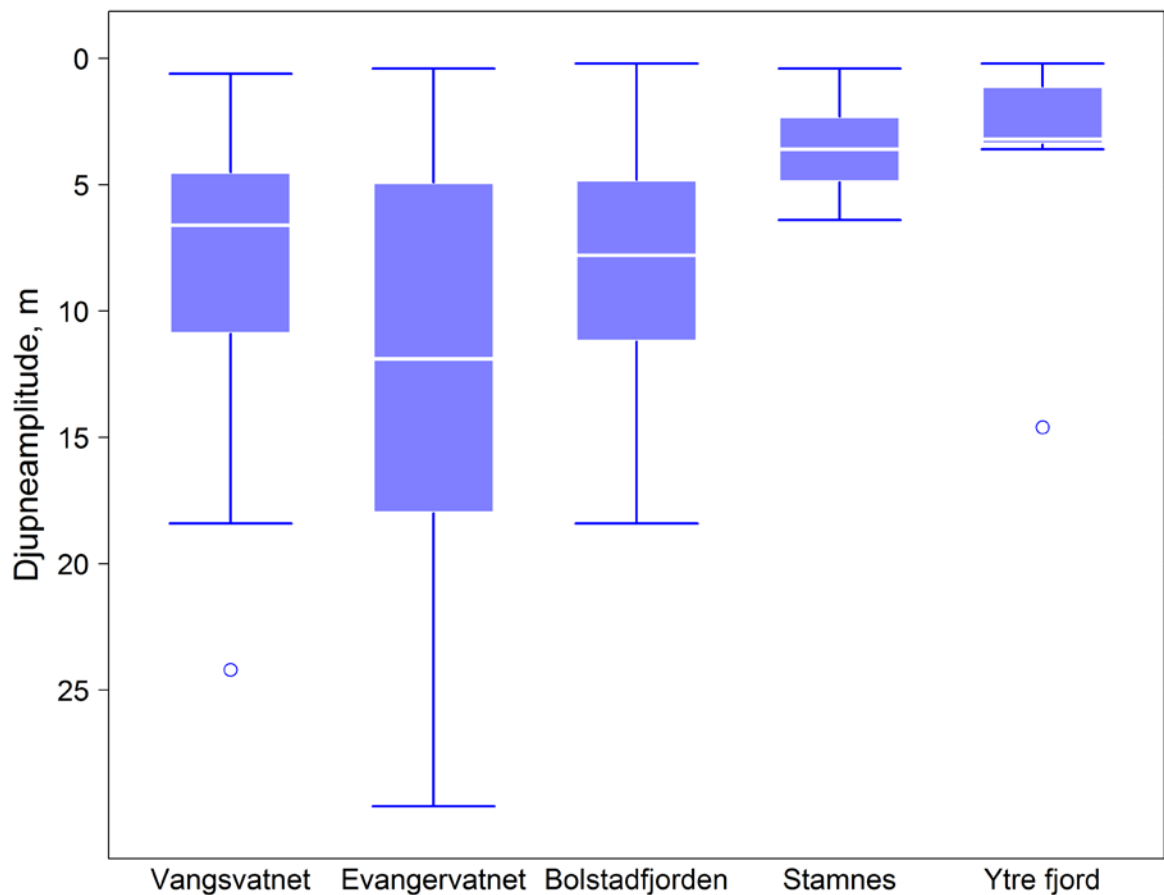
123



Figur 39. Vertikale vandringar gjennom utvandningsruta for individ 157 (utsett i Øvre Vosso) og 123 (utsett i Vosso). Dei ulike fargane utgjer ulike seksjonar av utvandningsruta. Dei grå felte utgjer natt, og kvite felt er dagtid. Djupnesensoren har truleg ikkje vore funksjonell frå Stamnes og utover for individ 157.



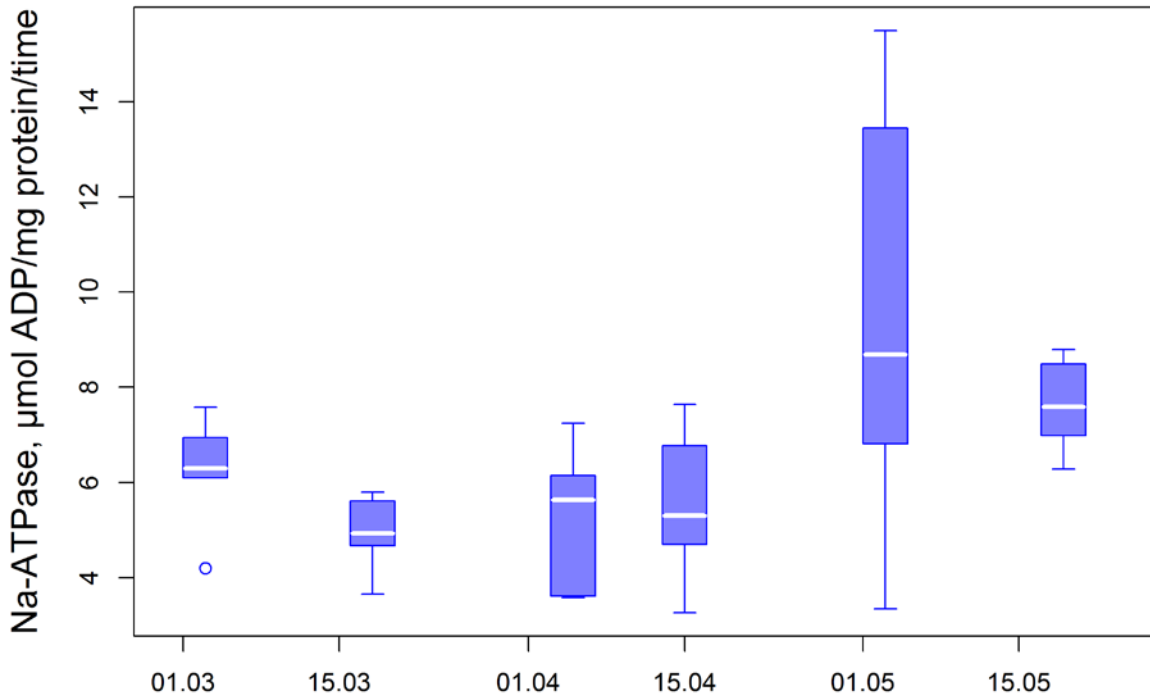
Figur 40. Estimerte gjennomsnittlige dag- og nattdjup på ulike seksjonar av utvandringruta hjå *overlevande* AT-merka ville laksesmolt frå Vossovassdraget i 2016. Estimata er frå lineær blanda modell (Tabell 9) og er korrigert for både mellom- og innan-individvariasjon. Dei vertikale linene er 95% konfidensintervall.



Figur 41. Boxplott av døgerlege djupneamplitudar (minimumsdjup natt – maksimumsdjup dag) på ulike lokalitetar i utvandingsruta til overlevande AT-merka villsmolt frå Vossovassdraget i 2016. 90% av observasjonane er innanfor dei ytre strekane og 50% av observasjonane er innanfor dei farga rektangla. Medianverdien er den tjukke kvite stripa inne i rektangla.

3.7 Smoltkvalitet

Gjelle-NKA enzymaktivitet for klekkjerismolt vart målt til å vere ikring 4–5 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$ frå 1. mars og fram til mai måned der gjennomsnittlege gjelle ATPase aktivitet låg ikring 7 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$ (Figur 42).



Figur 42. Boxplott av NKA-verdiar målt hjå klekkjerismolten i Voss klekkeri gjennom våren 2016. $n = 6-8$ per uttak.

Den 15. april vart det også gjort NKA målingar av vill pre-smolt ($n=6$), og desse hadde ein gjennomsnittleg NKA aktivitet på $5,5 (\pm 1,3) \mu\text{mol ADP/mg protein/time}$.

4 Diskusjon

Denne undersøkinga har funne at laksesmolten i Vossovassdraget har høg dødelegheit under utvandringa. Flaskehalsane er særleg knytt til innsjøane, der mellom 47% (id-merka) og 55% (djupnemerka) overlever vandringa gjennom Vangsvatnet og mellom 18% og 51% overlever gjennom Evangervatnet, medan 54 og 57% overlever til området mellom Straume og Stamnes. Med unnatak av Straume-Stamnes dødelegheita, som kan karakteriserast som estuariedødelegheit, ligg alle desse dødelegheitene over det som normalt er funne for utvandrande laksesmolt, der typiske dødelegheiter pr kilometer i ferskvatn er 1–4% (Thorstad m. fl. 2012). Dette gjer at om lag 17 % av den merka villsmolten frå Øvre Vosso, 25% frå Vosso og 50% frå Bolstadelva overlever frå utsettstaden til Stamnes. Desse overlevingstala (for Vosso og Bolstadelvgruppene) er noko høgare enn for 2015-undersøkinga (Haugen m fl 2016). Spørsmålet er om desse dødelegheitstala er unaturleg høge eller om dette er tal som alltid har vore så høge i dette systemet. Dette spørsmålet kan delvis diskutert opp mot metoden som vart nytta (akustiske merke), men må òg diskutert opp mot både naturlege og unaturlege dødelegheitsfaktorar.

4.1 Metodikk og datakvalitet

Styrken til telemetristudier er knytt til stor datafangst pr individ, medan ein ibuande usikkerheit er knytt til eit lågt individtal. Ein lyt difor vere varsam med å generalisere resultatata frå slike studiar frå individnivå til populasjonsnivå. Ein lyt òg vere varsam med å generalisere frå ein eittårsstudie då tilhøva dette eine året kan vere atypisk for den meir generelle situasjonen i studiesystemet. Den noko høgare overlevinga hjå villsmolten gjennom Evangervatnet og Bolstadjorden som vart funne i 2016 (51&18% og 52&48% (djupne&id)) samanlikna med 2015 (8 og 32% - berre id-merka) er døme på nettopp dette poenget. Trass i desse skilnadane er det på det reine at sær mange dør i Evangervatnet, medan dødelegheita synest meir variabel for Bolstadjorden.

Tidlegare telemetrieforsøk med smolt sett ut i Bolstadelva har funne tilsvarande år-til-årsvariasjon, så det kan vere at predasjonstrykket i denne delen av utvandningsruta varierer mykje mellom år (t.d. Vollset m. fl. 2016b). Sjølv om merkeprosedyrane varierer noko mellom dei ulike studiane (men ikkje mellom 2015 og 2016) skuldast mest truleg dei årlege variasjonane i dødelegheit at fisken har vandra ut under ulike miljøtilhøve–og kanskje mest truleg ulike predasjonstilhøve. Dei estimerte dødelegheitstala er truleg litt høgare enn dei er for umerka fisk grunna effektar frå sjølve merket og fangst- og merkeprosedyrane/handteringa. Vi meiner likevel at dødelegheitsmønstra og dei normative dødelegheitsnivåa speglar dei reelle prosessane som påverkar molten under utvandringa og er egna til å finne fram til flaskehalsar.

I studien rapportert her, vart det registrert individ på lyttebøyene frå alle merkelokalitetane. Vill laksesmolt frå både Øvre Voss og Vosso responderte på dei same miljøstimuliane og på same tidspunkt som vill laksesmolt frå Bolstadelva, men når dei kom til Evangervatnet og

Vangsvatnet vart dei kraftig forseinka gjennom desse vatna slik at utvandringstidspunktet til Bolstadjorden var om lag 10 dagar seinare enn for villsmolt frå Bolstadelva.

Det følgjer ei rekkje usikkerheitsfaktorar med merking av presmolt. Mellom anna kan vi ikkje vere sikre på at den merka fisken skal smoltifisere det aktuelle året, og dersom han ikkje gjer dette vil slike individ verte registrerte som daude i merke-attfangstanalysane. Både i 2015 og 2016 vandra det akustisk merka smolt ut av vassdraget i slutten av april, og under innsamling og merking av fisk midt i april, tyda morfologiske kjenneteikn (blank og svarte finnekantar) på at fisken var presmolt/smolt. Det at 92% av den akustisk merka villfisken er registrert nedstraums utsettstaden stadfestar at dei aller fleste av fiskane som vart nytta i studien skulle smoltifisere sesongen 2016 og at smoltutviklinga er godt i gang midt i april. Dette tydar også på at dødelegheita i dei fyrste dagane etter utsett var særst låg.

Det vart nytta to typar smoltmerke i 2016: djupnemerke og vanleg id-merke. Det fyrste merket var litt større enn det siste, og sjølv om vi nytta begge merketypane om kvarandre under implanteringa vart litt større individ i gjennomsnitt nytta til djupnemerket for å kompensere for ei relativt høgare merkevekt. Resultatet av dette vart diverre at id-merka fisk i snitt fekk litt høgare relativ merkevekt samanlikna med den djupnemerka fisken ($8,2 \pm 1,0\%$ og $6,5 \pm 1,3\%$ ($\pm SD$)), men det var stort overlapp mellom gruppene i relativ merkevekt. Fordi den id-merka fisken frå Øvre Vosso og Vosso hadde lågare overleving enn den djupnemerka fisken frå dei same stadane er det naturleg å tillegge desse skilnadane ei relativt større merkebelastning hjå den id-merka fisken. Det er likevel tre tilhøve som ikkje heilt samsvarar med dette biletet. For det fyrste, om merket har ein negativ effekt på smolten skulle det forventast at det var særleg dei minste (som har den største relative merkebøra) som vart råka hardest gjennom ein direkte effekt frå merket, men kanskje særleg gjennom auka predasjon av denne smolten dersom merket påverkar symjeevna/kapasiteten. Det er ikkje noko i resultatane som peiker i denne retninga. Snarare er det slik at predasjonssannsynet var svakt høgare hjå dei *store* individa innan merketypegruppe (Figur 32A). For det andre er det berre delvis stønad i registreringane for at relativ merkevekt påverkar smoltoverlevinga, og det er ikkje nokon signifikant effekt av denne variabelen. For det tredje, den merka smolten frå Bolstadelva hadde ingen skilnad i overlevinga mellom id-merka og djupnemerka smolt, og både desse gruppene hadde høg overleving gjennom deira «fyrstevatn» (Bolstadjorden) trass i at villsmolten frå Bolstadelva er mindre enn smolten frå lokalitetane lenger opp i vassdraget (Figur 3).

Vi meiner Bolstadjorden kan handterast som innsjø i denne samanhengen då dei øvre vasslaga er som ferskvatn å rekne (Figur 14), men sjølv i sjøvatn kan ein undre på om det 2,4% lettare merket som kjem av høgare oppdrift i sjøvatn kan vere nok til å forklare dei ofte høgare overlevingsratane ein ser i sjøvandringa hjå laksesmolt enn gjennom innsjøar (Thorstad m. fl. 2004). Denne oppdriftsskilnaden utgjer trass alt berre om lag 2 promille av ei typisk smoltvekt på 17 gram.

Vi meiner at dei *relative nivåa* vi observerer i overleving på dei ulike strekningane av utvandringsruta reflekterer faktiske dødelegheitsprosessar, og at dei ikkje reflekterer

metodiske feil. Det er likevel grunn til å tru at dei *absolutte nivåa* for dødelegheit er litt høgare enn hjå umerka smolt, og truleg er òg dei estimerte vandringshastigheitene litt for låge hjå merka fisk samanlikna med umerka fisk. Det vert difor spanande å sjå på resultatata frå PIT-telemetristudien som vart gjennomført av UNI-Research-Miljø parallelt med vår AT-studie i Vosso 2016, då denne merkemethoden utgjer eit mindre inngrep i fisken og merket er mykje mindre (diameter 3,65 mm and vekt 0,6 gram, mot 7 mm og 2 gram for djupnemerket, Tabell 1). Det er ikkje opplagt at PIT-merkemethoden vil gje overlevingsestimata som er høgare enn dei seinare åras AT-resultat. Til dømes fann Welch m. fl. (2008) ingen skilnad mellom PIT-merka og AT-merka (både 7 mm og 9 mm merke) smolt av regnbogeaure og Chinook-laks i store vestkystelver i USA. Dei merka individa i desse studiane som gjekk over mange år, kan samanliknast med Vossolaksesmoltten med omsyn til kroppsstorleik (120–200 mm). Dei fann heller ingen effekt av storleik på fisken. I ein nyleg AT-studie av laksesmolt i Skotland merka dei smolt ned til 11 cm, og hadde relativ merkevekt på opptil 12 % av kroppsvekta. Dei fann, som i våre studiar i 2015 og 2016, ingen samanheng mellom kroppsstorleik og dødelegheit (Newton m. fl. 2016). Desse forskarane meinte at den etablerte 2 %-regelen for merkevekt i telemetristudiar ikkje gjeld for alle typar fiskestudiar, og at resultat frå AT-studiar av laksesmolt kan vere eit slikt unntak.

4.2 Vandring og overleving i elvene og innsjøane

4.2.1 Predasjon

Dei som overlevde av den merka smolten i Vossovassdraget var individ som vandra tidleg (gjerne ved fyrste vassføringsauke), som oppheld seg kort tid i innosområda i vatna, som vandrar raskt og om natta. Vi dokumenterer òg vertikale døgervandringar gjennom både innsjøane og i fjorden. Slik døgervandringar er kjent frå innsjøvandrande stillehavslaksar og tolka som ei antipredator åtferd hjå desse (t.d. Clark og Levy 1987). Det er difor mykje i dataene våre som peiker på at smolten sin vandringsåtferd i stor grad kan knytast til antipredatoråtferd.

Ut frå endring i åtferd som vi kan spore frå merkedeteksjonane, vert ein overveldande del av den daude smolten eten av fiskepredatorar, men desse åtferdstolkingane er ikkje 100 % sikre. I og med at predasjon kan gjere at ein tolkar etne smolt som levande sidan dei «vandrar» saman med predatorane sine til merket vert skite ut, kan òg overlevingsestimata verte feil (Gibson m. fl. 2015). Slike feilestimata vil òg kunne råke eventuelle populasjonsberekningar med andre type merke som vert samla inn passivt, t.d. PIT-merke. Det vil difor vere viktig å få kunnskap om predatorane sin vandringsåtferd i systemet slik at vandringsdata på smolten kan koplast saman med desse, for å ha ein meir objektiv vurdering av i kva grad einskildindivid er etne eller ei. Dette har t. d. Gibson m. fl. (2015) gjort i ein akustisk telemetristudie av laksesmolt i Bay of Fundy i Canada. Dei nytta multivariate teknikkar (klyngeanalysar) til å sannsynleggjere lagnaden til smolten og justerte etter dette overlevingsestimata hjå den utvandrande smolten.

Det vart dokumentert ein skilnad i det romlege dødelegheitsmønsteret i Vangsvatnet og Evangervatnet, der smolt i Vangsvatnet har lågast sannsyn for å overleve gjennom fyrste 1/3 av vatnet medan smolten i Evangervatnet hadde lågast sannsyn for overleving dels i området ved Vossoosen og dels i områda rett etter kraftverket. Årsaker til denne skilnaden er ikkje kjent; heller ikkje om dette skuldast naturlege tilhøve eller andre faktorar. Resultata frå 2015 synte òg at fråfallet av fisk var stor i områda rett etter kraftverket, og dette funnet var hovudmotivasjonen for å auke lyttebøyennettverket i desse områda i 2016-studien (Haugen m fl 2015). Dei triangulerte data og ettersøket i august synte at dei fleste daude individa i Evangervatnet (fastsett ved at merka vert liggjande i ro og evt på botn (djupnemerka)) anten vart liggjande att mellom Vossoutosen og kraftverket eller i djupområda rett etter kraftverket (Figur 38). Vi fann òg at smolten som døydde såg ut til å ha høgare sannsyn for å vere eten i Evangervatnet enn i Vangsvatnet (Figur 32A). Dette kan tyde på at predasjonstilhøva er ulike i dei to vatna. Kva som ligg i desse forskjellane kan vere alt frå predatorrettleik, artssamansetting, storleikssamansetting eller livshistoriesamansetting (t.d. samansettinga av sjøaure og stasjonær aure). Det ligg diverre ikkje føre oppdaterte data på fiskesamfunnet i dei to vatna for 2016, men funn frå det såkalla Vossoprojektet på 1970- og 80-talet, der Bror Jonsson sitt doktorgradsarbeid spela ei sentral rolle, synte at nesten all aure >35 cm i Vangsvatnet var sjøaure og at både blenkjer og modne sjøaure var til stades i vatnet under heile smoltutvandringsperioden (Jonsson 1977; Jonsson 1981). Den ulike predasjonsrisikoen i dei to vatna kan òg kome frå feiltolkning av åtferdsdata. Vi hadde ei mykje høgare romleg oppløysing av lyttebøyer i Evangervatnet enn i Vangsvatnet, noko som gjorde det mogleg å estimere meir presise posisjonar og dermed meir detaljert åtferd i Evangervatnet. Åtferdstolkningane frå Evangervatnet er difor meir pålitelege enn for Vangsvatnet. Vi meiner det vil vere rett å seie at predasjonen er ein viktig dødelegheitsfaktor i begge vatna, der minst halvparten av smolten som døyr ser ut til å ha vorte ete av fiskepredatorar. Vi meiner difor at det vil vere viktig framover å få kartlagt desse predatorane og den romlege og tidsmessige vandringsåtferda deira.

Villsmolten frå Øvre Vosso som overlever gjennom Vangsvatnet har høg dødelegheit i fyrste del av Evangervatnet, medan smolten frå Vosso har høg overleving i dette området, men høg dødelegheit i midtre del av vatnet. Ein del av desse skilnadane kan truleg knytast til at dei fleste av smoltane frå Øvre Vosso vandrar på dagtid inn i Evangervatnet og kanskje difor vert eit enklare byte for predatorane enn den i all hovudsak nattvandrande smolten frå Vosso (Figur 23). Om lag 73 % (8 av 11) av smolten som vart registrert som daude i sone -7 og -6 vart vurderte som etne. Ein noko mindre del av smolten som vart funne att i midtre del av Evangervatnet vart òg vurdert, ut frå åtferdsending, å ha vorte etne opp av predatorar (44%, 7 av 16). Desse åtferdsendingsvurderingane er usikre då vi ikkje har valideringsdata, men i særskilde mange av tilfella er dei enkle å vurdere sidan det finn stad ei markert endring i åtferd når fisken vert eten (mykje raskare vandring pr kroppslengde og endra vertikalvandringsmønster). Ei masteroppgåve ved NMBU tek for seg detaljerte analysar av desse observasjonane, og konklusjonane frå denne oppgåva kan endre noko på desse tala. Det er likevel ikkje tvil om at det er fiskepredatorar til stades i systemet under utvandringa. I Evangervatnet vart det på stong og storruse fanga både stor aure og stor røye under smoltutvandringa. Det vart dessutan funne smolt i om lag 10 % av auremagane (Barlaup m fl 2017 – under utarbeiding), men ikkje

i røyene sjølv om fleire av dei var større enn 35 cm. Ein stor del av aurane som vart fanga i storruse hadde smolt i magen, men truleg er dette talet for høgt då smolten som og gjekk i rusa vart lett byte for desse store aurane. Tilsvarande tal på predatorar vart ikkje innhenta frå Vangsvatnet i 2016, men det er kjent at det finst stor aure, inkludert sjøaure, i dette vatnet i smoltutvandringsperioden, både frå tidlegare undersøkingar (t.d. Jonsson 1985; Jonsson og Gravem 1985) og ut frå rapportar frå lokale fiskarar. Det er ikkje kjent i kva grad støingar og blenkjer av sjøaure et smolt i vassdraget, men diettstudien til Jonsson og Gravem (1985) synte at dei 16 individa som vart fanga og undersøkt i utvandringstida ikkje hadde smolt i magen. Sjølv om det ikkje vart funne smolt i røyene som vart undersøkt i Evangervatnet i 2016 kan det vere at røye i Vangsvatnet har ei anna predatoråtfærd. Det er til dømes kjent frå amerikanske studiar at røye et smolt av laksefisk og ofte søkjer mot osområda i utvandringsperioden (sjå t.d. Ruggerone og Rogers 1984).

Frå den vitenskapelige litteraturen er det kjent at innsjøar forseinkar vandringa hjå laks- og auresmolt (t.d. Cooke m. fl. 2013; Hansen m. fl. 1984; Holbrook m. fl. 2011; Ruggles 1980; Thorstad m. fl. 2012). Ein nyleg dansk studie på sjøauresmolt synte at lagging av ein kunstig innsjø/dam på ei elvestrekning førde med seg at vandringstida for smolten auka frå 0,4 dagar til nesten 6 dagar, og at overlevinga vart redusert frå 100% til 26% (Schwinn m. fl. 2016). I ein oppsummerande artikkel kjem de fram at vandringsforseinkingar hjå smolt kan knytast til fråvær av retningsgjevande straum, fødesøk, predasjonsrisiko eller menneskeskapt vandringsbarrierar (Thorstad m. fl. 2012). I Evangervatnet var framdrifta hjå smolten lågare enn i Vangsvatnet, særleg for smolten som vart fanga, merka og sleppt i Vosso. Ein mogleg faktor som kan forseinke framdrifta hjå smolten i Evangervatnet er dei endra straumtilhøva i vatnet i samband med utløpsvatnet frå kraftverket (sjå t.d. Figur 12). Vatnet frå kraftverket er kaldare enn vatnet frå hovudelva, og skapar ein bakstraum (gyre) av vatn med kaldare vatn. Dette gjer at smolten som er negativt reotaksisk (ønskjer å symje med straumen) under smoltutvandringa, må bryte ut av denne bakstraumen og må venje seg til store temperaturendringar i denne delen av utvandringsruta. Dette kom tydeleg fram av slepeforsøka som Stenberg (2016) gjennomførde der temperaturen (og gassovermettinga) vart registrert medan smolt i bur vart slept gjennom heile Evangervatnet den 20. mai og 26. mai 2016. I det slepet passerte kraftverksområdet fall temperaturen med 2–2,5 °C. Gjennom heile slepet opplevde smolten store temperaturendringar: frå 3,8 til 9,0 °C. Eksperimentelle studiar av laksefisksmolt har vist at straumtilhøve og temperatur er av dei viktigaste miljøfaktorane for smoltifiseringsprosessen og vandringslysta, og at straumtilhøva er særleg viktig drivar når vandringa er i gang (t.d. Sykes og Shrimpton 2009). Det er difor ikkje overraskande at endringar i straum og temperaturtilhøve som kjem frå reguleringar kan ha negative effektar på smoltutvandringsframdrifta og smoltoverlevinga (sjå t.d. Marschall m. fl. 2011). Vi meiner difor at dei endra temperatur- og straumtilhøva (men òg moglege vasskemiske endringar- sjå seinare) som kjem frå kraftverksvatnet kan vere faktorar som gjev dårleg framdrift for smolten gjennom Evangervatnet, og at dei difor vert eksponert for predatorar over lenger tid enn kva som ville ha vore tilfellet utan kraftverkspåverknaden.

4.2.2 Vasskvalitet

Vasstemperatur, vasskvalitet og gassovermetting er kjende faktorar som kan påverke vandringsåtfærd (og ikkje som direkte dødsårsak åleine) er framleis eit potensielt problem, og bør ikkje avskrivas i Evangervatnet.

Det vart i 2016 avdekkja moderate (og nokre kritiske) nivå av aluminium på fiskegjeller i Vossovassdraget, med 30–100 µg Al/g gjelletørrvekt (Stenberg 2016). Vi veit at kortvarig eksponering til slike nivå kan redusere prestasjonane til smolten i lang tid, sjølv om det ikkje gjev direkte dødelegheit i ferskvatn (Kroglund m. fl. 2007a; Kroglund m. fl. 2007b).

Nivå av nitrogenovermetting som vart gjort i 2016 er høgare enn naturlege nivå, men ikkje så høge at det kan forventast akutt dødelegheit. Resultat frå forsøk gjennomført i 2016 synte òg at fisken ikkje opplevde akutt dødelegheit korkje ved sleping forbi kraftverksvatnet eller ved konstant eksponering i burforsøk i utlaupsvatnet frå kraftverket (Stenberg 2016). Tilføring av surt Al-vatn frå sidevassdrag/bekkar og Evanger kraftverk (Barlaup m fl 2004), lågare temperatur på vatnet som kjem frå kraftverket (Figur 12), grad av gassovermetting og truleg eit samspel mellom desse faktorane kan vere faktorar som gjer at fisken nyttar lengre tid i Evangervatnet, og at han dermed vert meir utsett for predasjon. For å analysere den totale effekten frå kraftverksvatnet på den utvandrande smolten på ein robust måte lyt ein kople av kraftverket i delar av smoltutvandringsperioden og ha detaljert overvaking av åtfærd til utvandrande smolt både før, under og etter avkoplingane.

4.2.3 Vassføring og temperatur—prediktorar for nedvandring

At auke i vassføring er ein viktig faktor som utløyser smoltutvandring, er samanfallande med kva som er vist i mange andre laksevassdrag (Hvidsten m. fl., 1995, Arnekleiv m. fl., 2000; Urke m. fl 2014a, Jonsson og Jonsson (2011)), og dessutan i 2015-studien (Haugen m fl 2016), men effektstyrken og forklaringsgraden for denne miljøvariabelen kan variere mykje avhengig av vassdrag, årleg vassføringsutvikling og den generelle vårutviklinga. Som vi såg, var vasstemperatur ein meir effektiv prediktor enn vassføringa for innvandring til Evangervatnet i 2016 (Figur 22). Sjølv om vassføring ser ut til å vere det viktigaste stimulusen for nedvandring hjå vill laksesmolt i Vossovassdraget, er det truleg slik at einiskilde år vil vasstemperatur vere viktigare, t.d. i år med lite snø i nedbørsfeltet. I mindre snøpåverka vassdrag i Agder er vasstemperatur ein betre prediktor for nedvandring hjå laksesmolt enn vassføring (Haraldstad m. fl. 2016). Desse tydeleg koplingane mellom vassføringsauke og/eller temperatur (t.d. Figur 25) saman med estimat på vandringshastigheiter under ulike fasar av utvandringa, gjer det mogleg å estimere når laksesmolten kjem fram til ulike punkt i utvandringsruta (Figur 30). Dette er sær viktig informasjon for mellom anna planlegging av lakselusovervaking (når skal smolttråling gjerast) og avlusingstiltak (t.d. Vollset m. fl. 2016a).

4.3 Fjordvandring og overleving

I 2016 vart hovudvekta lagt på ferskvassfasen av utvandringa hjå Vossosmolten, men trass i langt færre lyttebøyer i fjorden enn både i 2003, 2012–2013 og 2015-studiane fekk vi eit høveleg godt bilete av fjordvandringa og overlevinga i fjorden.

Framdriftshastigheita var relativt høg i fjorden, med medianverdiar ikring 1,5–2 kroppslengder i sekundet (litt høgare enn hjå Vollset et al 2016b), men innanfor det «normale» som er mellom 0,4 og 3 kroppslengder i sekundet (Thorstad m. fl. 2012). Dersom fjordvandringa hadde vore målt for smolt som låg i magesekken på ein sjøaure ville vi forvente høgare vandringshastigheiter enn 4–5 kroppslengder pr sekund. Nokre individ hadde slike høge verdiar, og for desse kan vi altså ikkje utelate at dei «vert vandra» i sjøauremagar (eller andre predatorfiskar). Alle merkegruppene fekk dermed ei generelt aukande vandringshastigheit gjennom utvandringruta (med unnatak av fisken frå Øvre Vosso som vandra raskare gjennom Vangsvatnet enn Evangervatnet), slik fleire studiar har funne tidlegare i andre system (Thorstad m. fl. 2004; Thorstad m. fl. 2007; Urke m. fl. 2013). Ei god framdrift gjennom fjorden og den ytre skjergarden reduserer eksponeringstida for lakselus og fjordtilknytt predatorar, og sjøoverlevinga for smolten vart då også estimert som låg ut til Nordhordlandsbrua (95-99% overlevingssannsyn pr km) er normalt/høg samanlikna med tilsvarende tal frå andre system (Thorstad m. fl. 2012) og tidlegare AT-studiar i systemet (Vollset m. fl. 2014; Vollset m. fl. 2016b), og litt høgare enn i 2015-studien. Verdien av desse utvandringshastigheitsestimata er stor då dei spelar ei avgjerande rolle når ein skal estimere tidsromet smolten kan forventast å kome ut til område med oppdrettsanlegg (Vollset m. fl. 2016a).

Sjølv om talet på deteksjonar ikkje var mange i sjøfasen synte resultata at smolten hadde vertikale døgnvandringar òg i sjøen, men at amplituden på desse vandringane var mykje mindre enn i ferskvassfasen. Generelt nytta smolten vasslaget mellom overflata og 10 m djupne, og dei fleste hadde ein døgeramplitude på mindre enn 5 meter (Figur 41). Desse funna samsvarar godt med tidlegare observasjonar hjå klekkjerismolt frå Hardangerfjorden (Davidsen m. fl. 2008). Eit viktig poeng frå djupnebrukdata er at smolten i det store og heile berre nyttar vatn med låg salinitet under utvandringa ut til Nordhordlandsbrua. Vi veit lite om kva som er stoda utanfor desse områda, men slik vi ser det, er det lite som tyder på at laksesmolten skal verte angripen av lakselus i delen av utvandringruta som er dekkja av denne studien.

4.4 Kvalitet på klekkjerismolten

Utsett av klekkjerismolt direkte i Vossovassdraget har tidlegare ikkje vore vellukka. Produksjonsregimet ved Voss klekkeri er tufta på at smolten her har eit «normalt» smoltifiserings- og vandringstidspunkt. Dette inneber at produksjonen tek sikte på at smolten er heilt smoltifisert og klar for utsett frå midten av mai. Dette har ikkje vore nokon suksess basert på koordinering av smoltifiseringstidspunkt mot villfisk eller merdproduksjon i Evangervatnet. Overlevinga (målt som attfangstar i elva) har vore låg (Vollset m. fl. 2014). Dette kan sjølvsagt knytast til prosessar i fjorden og havet (og utfordringar med å

dokumentere attendevandringa). Samstundes er det òg slik at både tilhøva i elva med forseinkingar og høg dødelegheit i innsjøsystema (Haugen m. fl. 2016) og ikkje-synkron smoltifiseringsstatus (Haugen m. fl. 2016; Vollset m. fl. 2014) hjå klekkjerifisken bidreg til sein vandring og suboptimalt tidspunkt for utvandring til sjøen. Resultat frå både 2015 og 2016 sesongen synte at klekkjerifisken vandra ikkje-synkront ut av vassdraget/ ned til innsjø, utan at det vart funne noko samsvar med vassføring eller vassstemperatur. Klekkjerismolten vandra òg seinare enn vill laksesmolt i 2015-studien (Haugen m. fl. 2016).

Seinare utvandring for klekkjerismolt er òg dokument i andre vassdrag. Dette kan skuldast ulike vassdragstilhøve, men òg ulike produksjonsprotokollar. I studiar frå Lærdalselvi der det vart nytta same metodikk (akustisk telemetri) fann forskarane at klekkjerismolten frå Ljøsne klekkeri vandrar på same tidspunkt som villsmolten, og at han har same vandringsfart og estimert overleving i både elv og fjordsystem (Urke m fl 2014c). Utfyllande dokumentasjon av smoltutvikling syner at klekkjerismolten frå Ljøsne klekkeri er synkron med villfisk, noko som truleg er ein viktig årsak til desse resultatata frå Lærdalselvi. I dette systemet er det ikkje innsjøar i utvandringsruta som bidreg til å gjere biletet meir komplisert, slik som i Vossovassdraget.

Studiar gjort på smoltifisering hjå Vossolaksen peiker på tidleg utvikling av sjøvasstoleranse. Resultat frå Evangervatnet tydar på at Vossosmolt er klar allereie ikring 20. april. To kontrollerte forsøk ved ILAB/Uni har påvist ATPase-verdiar som allereie tidleg/midt i april samsvarar med utvandrande smolt frå andre norske vassdrag (Kroglund m. fl. 2011; Urke m fl 2013b; Urke m fl 2014c).

Når klekkjerismolten ikkje responderer på dei ytre miljøtilhøva (vassføringsauke) kan dette tyde på at klekkjerismolten si smoltutvikling har vore ulik villfiskens si utvikling. I klekkjeriet er ljossstyringsregimet lagt inn med utgangspunkt i at smolten skal smoltifisere i midten av mai. Dette då slepinga av smolt finn stad i siste halvdel av mai. I eit einskild forsøk på å framskande tidspunktet vart smolten i 2016 gjeve kontinuerleg ljøs frå 1. mars. Gjelle-NKA enzymaktivitet vart målt til å vere ikring 4–5 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$ frå 1. mars og fram til mai månad der den gjennomsnittlege gjelle ATPase aktiviteten låg på ikring 7 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$. ATPase-verdiar ikring 5 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$ er typisk for lakseparr i ferskvatn, og er typiske ferskvassverdiar ved naturleg låge vassstemperaturar. Vedvarande låge gjelle-ATPase-verdiar hjå klekkjerismolten i mai (Figur 42) var uventa og tydar på manglande utvikling av sjøvasstoleranse (Stefansson m fl. 2012, Handeland m fl 2014). Desse målingane har i ettertid vorte diskuterte då målingar gjennomført av Pharmaq Analytiq på klekkjerismolt frå dei same kara som våre målingar vart teke frå hadde ATPase-verdiar på i snitt 12,3 ($\pm 2,9$ SD) $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$ (data frå Geir Ove Henden, Voss Klekkeri). Gjelle-ATPase-verdiar hjå smolt med god sjøvasstoleranse ligg ikring 10–15 $\mu\text{mol ADP/mg protein/time}$. Det vil seie at Pharmaq-målingane gjev smolt med verdiar som gjev god sjøvasstoleranse, medan målingane gjort i vårt utval ikkje har god sjøvasstoleranse. Det er framleis usikkert kva som ligg i desse skilnadene. Då det er fyrste gong at målingar av ATPase gjev høgare verdiar i mars enn i april/mai hjå klekkjerismolten i dette klekkjeriet (*pers. med.* G. O. Henden, Voss Klekkeri) kan det synest som at noko er avvikande ved våre

målingar. Det synest difor som at problemet med klekkjerismolten kan knytast til manglande vandringsvilje snarare enn dårleg sjøvasstoleranse. Det såg heller ikkje ut til å gje eit meir synkront vandringsmønster ved å gje fisken eit tre veker tidlegare ljostimuli (auka daglengde). Riktig nok vandra ein større del av klekkjerismolten ut før 10. mai i 2016 (40%, 6 av 15, som vandra inn i Vangsvatnet) enn i 2015 (2 av 21 som vandra inn i Evangervatnet), men det er ikkje rett fram å samanlikne desse vandringstidspunkta då dei er frå to ulike stader i vassdraget.

Tidlegare studiar har synt at klekkjerifisk (parr) i merdar i Evangervatnet, som har opplevd ein lågare vassstemperatur men naturleg ljøs, hadde auka gjelleenzymaktivitet tidleg i april. Dette peiker i retning av at fisken var smoltifisert ikring 20. april. Når ein ikkje får dei same resultata (høgare verdiar i april) hjå fisk i klekkjeriet, trass i høgare vassstemperatur, er det nærliggjande å tru at dette kan ha noko med ljøsregimet (intensitet og kvalitet) å gjere. Produksjon av Vossosmolt i Bergen har òg gjeve høge ATPase-verdiar, noko som er forventa for ein smolt med god sjøvasstoleranse i midten av april. Det er nærliggjande å tru at det må gjerast ei større kartlegging gjennom heile produksjonssyklusen for å finne ut kva tiltak som må setjast i verk for å få ein betre fungerande klekkjerismolt på eit tidlegare tidspunkt. Målet må her være å kunne setje ut smolt i vassdraget som utviklar eit naturleg utvandringsforlaup og som truleg sikrar meir presis heimvandring slik at den bidreg til å sikre gytebestanden på sikt.

Dei avvikande ATPase-målingane tydeliggjer at det må gjerast ei grundigare kartlegging med betre forsøksprotokollar enn kva som vart gjort i 2016. Her vil òg prøvetaking av vill pre-smolt/smolt vere viktig. Det å teste ut ulike produksjonsprotokollar på fisk med ulikt opphav vil truleg også bidra til å forklare kvifor dei ulike studiane i ulike vassdrag/klekkjeri skil seg frå kvarandre.

4.5 Predasjon og populasjonskollapsen

Med den høge smoltpredasjonsrata som vart vurdert for innsjøane i denne studien kan det spørjast om predasjon kan vere ein årsaksfaktor til at laksepopulasjonen i Vosso kollapsa på 1980-talet og har hatt problem med å byggje seg opp att etter dette. I rapporten til Vollset m. fl. (2014) vart predasjon sett på agendaen som mogleg avgrensande faktor for oppbygginga av Vossolaksen. Konklusjonen frå rapporten seier at «...det ikke virker til at den nåværende predasjonen fra sjørret i Bolstadjorden hindrer en reetablering av vossolaksen.» Samstundes peiker rapporten på at det estimerte talet på smolt som vandrar ut frå vassdraget er mindre enn forventa ut frå produksjonspotensialet, og at dette avviket lyt studerast nærare. Ingen av dei fem delstudiane som inngjekk i 2014-rapporten tok føre seg predasjon i ferskvassfasa. Våre studiar frå både 2015 og 2016 peiker i retning av at predasjon kan vere vel så viktig, om ikkje viktigare, enn i både estuariet og i fjordområda, og kan difor vere med på forklare dei låge smoltutvandringstala. Men er predasjon ein sannsynleg årsaksfaktor for at populasjonen kollapsa? Dersom fiskepredasjon er ein viktig faktor *åleine* for kollapsen må ein sannsynleggjere at det har vorte fleire predatorar i utvandringssystemet, og då mest truleg i innsjøane, enn det som var stoda før kollapsen. Vidare at det *framleis* er mykje predatorar i

systemet (for å forklare treig reetablering av bestanden). Som nemnd tidlegare finst det dårleg dokumentasjon av predatorregimet både før og etter kollapsen frå innsjøane. Sjølv om toget har gått for innsamling av prøvefiskedata frå før populasjonskollapsen, meiner vi, som i 2016 (Haugen m. fl. 2016), det vil vere viktig å kartlegge predatorsituasjonen i baa innsjøsystema i Vosso. Dette vil kunne avdekkje om det er snakk om sjøaure eller stasjonær aure, mogleg òg røye, som er hovudpredatorar. Det kan vere fleire årsaksfaktorar som kan ha endra predatortrykket frå særleg aure i innsjøane. Etablering av smoltproduksjon i merdar i Evangervatnet kan gjennom fôrspill ha gjeve betre vekst hjå både aure og røye i vatnet slik at fleire individ veks seg store nok til å bli predatorar. Dette er kjend frå andre system, til dømes Skogseidvatnet i Fusa kommune (Urdal m. fl. 2013). Ein annan mogleg forklaring kan vere knytt til at fleire aure vert att i ferskvatn framfor å vandre til sjøen som sjøaurar. Eit slikt skifte i habitatbruk hjå (sjø)auren kan ha funne stad ved at auka førekomst av lakselus i sjøen gjer det meir risikabelt for auren å vandre til sjøs (Skaala m. fl. 2014; Thorstad m. fl. 2015). I tillegg har det dei seinare åra vorte lågare førekomstar av viktige byttedyr som særleg brisling i vestlandsfjordane, inkludert Osterfjorden (Holst og Tangen 2014), noko som gjer at den forventede vekstauken grunna meir ressursar i sjøen vert redusert for sjøauren. Vert summen av lågare sjøvekst og auka sjødødelegheit lagt saman gjer dette det selektivt meir lønsamt for auren å verte att i ferskvatn framfor å vandre til sjøen. Resultatet kan då bli auka smoltpredasjon frå aurane som vert att i innsjøane.

Ein annan forklaringsmodell er knytt til at smoltpredasjonen frå aure og eventuelt røye kan ha vorte meir effektiv gjennom at smolten har fått fleire miljømessige utfordringar i utvandringsruta si (sjå avsnitt 4.2.2). Dette kan i så høve vere ein faktor som gjer det ytterlegare meir lønsamt for auren å verte att i ferskvatn. Så denne forklaringsmodellen kjem derfor ikkje naudsynt i staden for hypotesen om nedsett anadromi hjå sjøaure.

Ei siste forklaringsmodell for kvifor smolten vert hardt predatert under utvandringa i Vossovassdraget kan relaterast til at populasjonen no byggast opp att etter populasjonen kollapsa på 1980-talet og at han mogleg ikkje er skikkeleg tilpassa dei noverande lokala tilhøva enno. Det har sidan 1990 vore gjennomført eit stort reetableringsarbeid for laksestamma i Vosso. Ein viktig del av dette arbeidet har basert seg på utsetjing og sleping av klekkjerismolt som sidan 1998 har vore basert på fisk frå genbanken (Barlaup m fl 2013). Dersom mykje av genbankfisken har opphav frå Bolstadelvadelen av populasjonen kan avkomma deira vere tilpassa vandringar ut frå kort elvestump og rett ut i estuariet og fjord. Vi fann at nedvandringa frå alle dei tre elveseksjonane fann stad på vassføringsauke og om natta, medan vidare vandring nedover vassdraget for smolten frå Vosso og Øvre Vosso gjekk føre seg både natt og dag og var mindre påverka av vassføring enn den fyrste fasen av nedvandringa (sjå t.d. Figur 26). I og med at all smolt som vandrar på natta dør før han når fjorden i denne studien kan det synest som at nedvandringa hjå mange av smoltane (dvs. dei dagtidsvandrande) frå både Øvre Vosso og Vosso er suboptimal. Kan det vere at denne suboptimale åtferda kan knytast til at smolten frå områda oppstraums Evangervatnet ikkje er heilt lokalt tilpassa dei lokale tilhøva fordi dei framleis i stor grad er etterkommarar av fisk som kjem frå Bolstadelva? I og med at vossolaksen er midt oppi ein reetableringsfase er det uansett grunn til å vurdere om denne populasjonen som har vore gjennom ein nyleg flaskehals

(nær utrydda) og der reetableringa kan vere tufta på eit skeivt utval av den opprinnelege stamma allereie no etter 30 år med reetableringsarbeid er lokalt tilpassa elva si. På toppen av dette kjem effektar av introgresjon frå rømd oppdrettsfisk som vi no veit kan påverke lokale tilpassingar særleg i små populasjonar (Bolstad m. fl. 2017). Desse meir genetisk orienterte aspekta lyt truleg fylgjast opp i framtida for å forstå kvifor reetableringa tek meir tid enn mange hadde vona.

4.6 Vidare arbeid

Predasjonstrykket frå fiskeetande fisk på utvandrande laksesmolt synest høgt i begge innsjøane i Vossosystemet, og dessutan i Straume-Stamnes-området, men det er framleis uklart i kva grad denne predasjonen kjem frå sjøaure (støingar og blenkjer) eller stasjonær aure. Sjølv om det ikkje vart påvist smolt i røyemagar i Evangervatnet i 2016 er det framleis uklart om røya òg kan vere ein viktig smoltpredator i dei to innsjøane. Desse forholda lyt følgjast opp i framtida, mellom anna gjennom å fange inn predatorfisk i utvandringstida for å kartleggje smoltpredasjon (magepumping), slik det vart gjort i Evangervatnet i 2016. Vidare lyt minst ei to-årsstudie med akustisk telemetri av predatorane gjennomførast i både innsjøane og fjordsystemet. Dette for å kartleggje vandringsmønster hjå predatorane og for å talfeste sjøauren og eventuelt røya si rolle som predator i systemet. Grovtriangulering av innsjøsystema, med finare triangulering av innos og sund, vil kunne gje auka forståing om kvar flaskehalsane for smoltpredasjonen er. Dette vil gjere det mogleg å justere overlevingstala hjå den utvandrande smolten og få på plass meir korrekte utvandringstal for smolten (t.d. Gibson m. fl. 2015).

For å finne ut av kva rolle Evanger kraftverk har i høve til framdrifta og overlevinga hjå smolten i Vossovassdraget lyt kraftverket stoggast i periodar under nedvandringa. Slik vi ser det kan utløpsvatnet frå kraftverket skape ei rekkje forseinkande faktorar (temperaturgradientar, bakstraum og vasskjemigradientar) som er med på å auke opphaldstida i innsjøen og dermed eksponeringa for predatorar. Summen av alle desse moglege påverkingfaktorane let seg mest effektivt kvantifisere ved å stogge kraftverket i periodar.

Det låge talet på klekkjerismolt som kjem attende til vassdraget som kjønnsmoden fisk, og det høge talet på klekkjerismolt som er registrert spesielt i Storelva i Arna lenger ute i fjordsystemet (Skoglund m fl 2015), talar for at det er forbetringpunkt knytt til produksjonsprotokollen som vert nytta i dag, i tillegg til utsettstrategiane for vassdraget. Gjennom auka merksemd på klekkjerismolten sitt utviklingsforløp og synkronisere dette til villfisk, vil det truleg gje ein meir vandringsviljug klekkjerismolt; som vandrar til rett tid og som i større grad kjem attende til vassdraget. Utfyllande dokumentasjon av smoltkvalitet og utvikling av denne for både vill- og klekkjeriprodusert smolt i vassdraget lyt kome på plass. Vi foreslår at ein framover fokuserer på produksjonstilhøva i klekkjeriet, og set i gang eit kartleggingsprogram for klekkjerifisken sin smoltutvikling der det vert samanlikna med villfisk frå vassdraget (jfr Urke m. fl. 2013a; 2014a–d). Målet må vera å få produsert ein klekkjerismolt som har same smoltifiseringstidspunkt og vandringsåtfærd som vill smolt, og i tillegg viser låg feilvandring.

5 Referansar

- Anderson, D. R. 2008, Model-based inference in the life sciences: a primer on evidence. New York, Springer Verlag.
- Barlaup, B. T. (red) 2004. Vossolaksen – bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak. DN-utredning 2004-7. 82 sider.
- Barlaup, B.T. (red). 2008. Nå eller aldri for Vossolaksen - anbefalte tiltak med bakgrunn i bestandsutvikling og trusselfaktorer. DN-utredning 2008-9. 172 sider.
- Barlaup, B.T. (red). 2013. Redningsaksjonen for Vossolaksen. DN-utredning 1-2013. 224 sider.
- Bolstad, G. H., K. Hindar, G. Robertsen, B. Jonsson, H. Sægrov, O. H. Diserud, P. Fiske et al. 2017. Gene flow from domesticated escapes alters the life history of wild Atlantic salmon. *Nature Ecology & Evolution* 1:0124. DOI: 10.1038/s41559-017-0124
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd Edn. Springer, New York
- Clark, C. W., og D. A. Levy. 1987. Diel vertical migrations by juvenile sockeye salmon and the antipredation window. *American Naturalist* 131:271–290.
- Cooke, S. J., J. D. Midwood, J. D. Thiem, P. Klimley, M. C. Lucas, E. B. Thorstad, J. Eiler et al. 2013. Tracking animals in freshwater with electronic tags: past, present and future. *Animal Biotelemetry* 1:5.
- Davidson, J. G., N. Plantalech Manel-la, F. Økland, O. H. Diserud, E. B. Thorstad, B. Finstad, R. Sivertsgård et al. 2008. Changes in swimming depths of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts relative to light intensity. *Journal of Fish Biology* 73:1065–1074.
- 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.
- Gibson, A. J. F., E. A. Halfyard, R. G. Bradford, M. J. W. Stokesbury, og A. M. Redden. 2015. Effects of predation on telemetry-based survival estimates: insights from a study on endangered Atlantic salmon smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72:728–741.
- Green, P. J., og B. W. Silverman. 1994, Nonparametric Regression and Generalized Linear Models: A roughness penalty approach: Monographs on Statistics & Applied Probability. Boca Raton, FL, Chapman & Hall/CRC.
- Gunnerød, T., Hvidsten, N. and Heggberget, T., 1988. Open sea releases of Atlantic salmon smolts, *Salmo salar*, in central Norway, 1973–83. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 45(8): 1340–1345.
- Handeland, S.O., Imsland, A.K., Ebbeson, L.O.E., Nilsen, T.O. Hosfeldt, C-D, Teien, H-C. and Stefansson, S.O. (2014). Osmoregulation and growth in offspring of wild Atlantic salmon at different temperatures. *Env. Biol. Fish.* 97. 285–296.
- Hansen, L. P. 1993. Movement and migration of salmon at sea. Mills, D. (ed) "Salmon in the sea and new enhancement strategies". Fishing News Books. Blackwell, Oxford.
- Hansen, L. P., B. Jonsson, og K. B. Døving. 1984. Migration of wild and hatchery reared smolts of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., through lakes. *Journal of Fish Biology* 25:617–623.
- Haraldstad, T., F. Kroglund, T. Kristensen, B. Jonsson, og T. O. Haugen. 2016. Diel migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) smolts: an assessment of environmental cues. *Ecology of Freshwater Fish*.
- Hastie, T. J., og R. J. Tibshirani. 1990, Generalized Additive Models. London, Chapman & Hall.
- Hauge, H. V. 1957 . Vangsvatn and some other lakes near Voss. A limnological survey in western Norway. *Folia. Limnol. Scand.* 9, p 1–189

- 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 [Migration pattern and survival in Atlantic salmon smolt from Bolstadelva and Vosso]. NMBU - INA Fagrapport 32. 54 sider.
- 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
- Holbrook, C. M., M. T. Kinnison, og J. Zydlewski. 2011. Survival of Migrating Atlantic Salmon Smolts through the Penobscot River, Maine: a Prerestoration Assessment. Transactions of the American Fisheries Society 140:1255–1268.
- Holst, J. C., og M. Tangen. 2014. Characteristics of the sprat and sea trout stocks in Osterfjorden from 1960 to present, Side: 89–99 i K. W. Vollset, B. T. Barlaup, S. Mahlum, B. Skår, H. Skoglund, E. S. Normann, J. C. Holst et al. (red.) Migration and predation of Atlantic salmon smolts from Vosso, LFI Uni Miljø (Rapport).
- 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.
- Jonsson, B. 1977. Demographic strategy in a brown trout population in western Norway. Zoologica Scripta 6:255–263.
- . 1981. Life history strategies of trout (*Salmo trutta* L.). Doctor Philosophiae thesis, University of Oslo.
- . 1985. Life history of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. Transactions of the American Fisheries Society 114:182–194.
- Jonsson, B., og F. R. Gravem. 1985. Use of space and food by resident and migrant brown trout. Environmental Biology of Fishes 14:281–293.
- Jonsson, B., og N. Jonsson. 2011, Ecology of Atlantic salmon and brown trout, Springer.
- Koenker, R., P. Ng, og S. Portnoy. 1994. Quantile Smoothing Splines. Biometrika 81:673–680.
- Kristensen, T., Urke, H.A., Haugen, T.O., Rustadbakken, A., Alfredsen, J.A., Alfredsen, K. and Rosseland, B.O. 2011. Sea trout (*Salmo trutta*) from River Lærdalselvi, W Norway: A comparison of growth and migratory patterns in older and recent studies. NIVA report, serial no. 6102.
- Kroglund, F., B. Finstad, S. O. Stefansson, T. O. Nilsen, T. Kristensen, B. O. Rosseland, H. C. Teien et al. 2007a. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. Aquaculture 273:360–373.
- Kroglund, F., B. O. Rosseland, H.-C. Teien, B. Salbu, T. Kristensen, og B. Finstad. 2007b. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminum simulating episodes. Hydrology and Earth System Sciences Discussions 4:3317–3355.
- Kroglund, F., H.-C. Teien, C. Rosten, K. Hawley, J. Guttrup, Å. Johansen, R. Høgberget et al. 2011, Betydningen av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse : smoltvandring i Storelva og utenforliggende fjorsområder i 2009: NIVA-rapport, 6084–2010. Oslo.
- 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.
- Lunde, R. 2014. Lake-habitat use of post-juvenile sea trout over time and space - an acoustic telemetry study in a regulated river system. Masteroppgåve NMBU desember 2014.

- Marschall, E. A., M. E. Mather, D. L. Parrish, G. W. Allison, og J. R. McMenemy. 2011. Migration delays caused by anthropogenic barriers: modeling dams, temperature, and success of migrating salmon smolts. *Ecological Applications* 21:3014–3031.
- McCormick, S. D. 1993 Methods for nonlethal gill biopsy and measurement of Na⁺, K⁺-ATPase activity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50, 656–658.
- McCullagh, P., og J. A. Nelder. 1989, *Generalized Linear Models*. London, Chapman & Hall.
- Nakagawa, S., og H. Schielzeth. 2013. A general and simple method for obtaining R² from Generalized Linear Mixed-effects Models. *Methods in Ecology and Evolution* 4:133–142.
- Newton, M., J. Barry, J. A. Dodd, M. C. Lucas, P. Boylan, og C. E. Adams. 2016. Does size matter? A test of size-specific mortality in Atlantic salmon *Salmo salar* smolts tagged with acoustic transmitters. *Journal of Fish Biology* 89:1641–1650.
- Nilsen, T. O., L. O. E. Ebbesson, S. S. Madsen, S. D. McCormick, E. Andersson, B. T. Björnsson, P. Prunet et al. 2007. Differential expression of gill Na⁺,K⁺-ATPase α - and β -subunits, Na⁺,K⁺,2Cl⁻ cotransporter and CFTR anion channel in juvenile anadromous and landlocked Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Experimental Biology* 210:2885–2896.
- Pinheiro, J. C., og D. M. Bates. 2000, *Mixed-effects models in S and S-PLUS: Statistics and computing*. New York, Springer.
- Pulg, U., K. W. Vollset, G. Velle, og S. Stranzl. 2016. First observations of saturopeaking: Characteristics and implications. *Science of The Total Environment* 573:1615–1621.
- Ruggerone, G. T., og D. E. Rogers. 1984. Arctic char predation on sockeye salmon smolt at Little Togiak River, Alaska. *Fishery Bulletin* 82:401–410.
- Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* No 952. Ix + 39p.
- Schwinn, M., K. Aarestrup, H. Baktoft, og A. Koed. 2016. Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) smolts during their passage of an artificial lake in a Danish lowland stream. *River Research and Applications*.
- Skaala, Ø., S. Kålås, og R. Borgstrøm. 2014. Evidence of salmon lice-induced mortality of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) in the Hardangerfjord, Norway. *Marine Biology Research* 10:279–288.
- Skoglund, H., Barlaup, B. T., Normann, E. S., Wiers, T., Lehmann, G. B., Skår, B., Pulg, U., Vollset, K. W., Velle, G., Gabrielsen, S. E. & Stranz, S. 2015. Gyttefisktelling og uttak av rømt oppdrettslaks i elver på Vestlandet høsten 2015. LFI Rapport 266.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. and Haraldstad, O., 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, seawater tolerance, and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53, no. 08: 1695–1704.
- Stefansson, S. O., Haugland, M., Björnsson, B. Th., McCormick, S. D., Holm, M., Ebbesson, L. O. E., Holst, J. C. & Nilsen, T. O. (2012). Growth, osmoregulation and endocrine changes in wild Atlantic salmon post-smolts during marine migration. *Aquaculture* 362, 127–136.
- Stenberg, S. K. 2016. Effects of gas supersaturation on migrating Atlantic salmon smolt (*Salmo salar*) in Evangervatnet. Master thesis. Department of Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Bergen.
- Sykes, G. E., og J. M. Shrimpton. 2009. Effect of temperature and current manipulation on smolting in Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*): the relationship between migratory behaviour and physiological development. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67:191–201.

- Sægrov, H., og B. A. Hellen. 1998. Fiskeundersøkingar i Evangervatnet i 1997. Rapport (Rådgivende biologer : trykt utg.) Nr: 336. Bergen, Rådgivende biologer. 18 sider
- Thorstad, E. B., F. Okland, B. Finstad, R. Sivertsgard, P. A. Bjorn, og 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. Okland, B. Finstad, R. Sivertsgard, N. Plantalech, P. A. Bjorn, og 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.
- Thorstad, E. B., C. D. Todd, I. Uglem, P. A. Bjørn, P. G. Gargan, K. W. Vollset, E. Halttunen et al. 2015. Effects of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on wild sea trout *Salmo trutta*—a literature review. *Aquaculture Environment Interactions* 7:91–113.
- Ugedal, O, Kroglund, F., Barlaup, B., Lamberg, A. 2014. Smolt: en kunnskapsoppsummering. Miljødirektoratet M136-2014. 128 sider.
- Urdal, K., B.A. Hellen, S. Kålås, M. Kambestad, H. Sægrov & G.H. Johnsen 2013. Prøvefiske i Skogseidvatnet og Henangervatnet i 2011 og 2012. Rådgivende Biologer AS, rapport 1707, 23 sider, ISBN 978–82–7658–970–2.
- Urke, H.A., Kristensen, T., Daae, K.L., Bergan, M., Ulvund, J.B., and Alfredsen, J.A. 2011. Assessment of possible impacts of marine mine tailings deposit in Repparfjord, Northern Norway, on anadromous salmonids. NIVA report, serial no. 6176. ISBN 978–82–577–5883–7. Abstract in English., 152 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, Arnekleiv, J.V., Nilsen. T.O and Nilssen, K. J. 2014a. Seawater tolerance and downstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Biology* 84, 178–192.
- Urke, H.A., Arnekleiv, J.V., Nilsen, T.O., Nilsen K.J., Rønning, L., Ulvund, J.B. and Kristensen, T. 2014b. Long-term hypoosmoregulatory capacity in downstream migrating Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolts. *Journal of Fish Biology*, 85, 1131–1144
- Urke, H. A., Ulvund, J. B., Nilsen, T. O., Staalstrøm, A. og Kristensen, T. 2014c. 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. 2014d. Vandringsmønsteret til laksesmolt oppstrøms og nedstrøms Stuvane kraftverk i Lærdalselvi sesongen og smoltutvandringsmodell basert på datasett frå 2009, 2013 og 2014. INAQ Rapport 20 sider.
- Urke, H.A, Ulvund, J. B. og Kristensen, T. 2015. Opphaldstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lærdalselvi 2014. INAQ Rapport. 19 sider.
- Vollset, K. W., B. T. Barlaup, S. Mahlum, B. Skår, H. Skoglund, E. S. Normann, J. C. Holst et al. 2014. Migration and predation of Atlantic salmon smolts from Vosso. Nr. LFI Uni Miljø, LFI Uni Miljø. 100 sider
- Vollset, K. W., B. T. Barlaup, S. Mahlum, P. A. Bjørn, og O. T. Skilbrei. 2016a. Estimating the temporal overlap between post-smolt migration of Atlantic salmon and salmon lice

- infestation pressure from fish farms. *Aquaculture Environment Interactions* 8:511–525.
- Vollset, K. W., S. Mahlum, J. G. Davidsen, H. Skoglund, og B. T. Barlaup. 2016b. Interaction between migration behaviour and estuarine mortality in cultivated Atlantic salmon *Salmo salar* smolts. *Journal of Fish Biology* 89:1974–1990.
- Welch, D. W., E. L. Rechisky, M. C. Melnychuk, A. D. Porter, C. J. Walters, S. Clements, B. J. Clemens et al. 2008. Survival of migrating salmon smolts in large rivers with and without dams. *PLoS Biol* 6:e265.
- White, G. C., og K. P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46:120–139.
- Zuur, A. F., E. N. Ieno, N. Walker, A. A. Saveliev, og G. M. Smith. 2009, *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. New York, Springer.

6 Vedlegg

Tabell A 1. Eigenskapar hjå den AT-merka fisken i Vossovassdraget 2016. Dei tre kolonnane til høgre er vurdert ut frå plott av djupnebruk og XY-posisjonar over tid, og inneheld difor tolkingar som kan vere feil.

MerkeID	Merkedato	Lengde (mm)	Opphav	Utsettstad	Tid utsett	Merketype	Lagnad	Døds- sone	Eten?
100	15.04.2016	142	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
101	15.04.2016	148	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-4	Nei
102	15.04.2016	151	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-7	Ja
103	15.04.2016	148	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-7	Ja
104	15.04.2016	135	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-5	Ja
105	15.04.2016	148	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-7	Ja/Nei
106	15.04.2016	145	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-6	Ja/Nei
107	15.04.2016	146	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-3	Ja/Nei
108	15.04.2016	146	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-3	Nei
109	15.04.2016	142	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-3	Nei
110	15.04.2016	145	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-5	Nei
111	15.04.2016	137	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-8	Nei
112	15.04.2016	141	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
113	15.04.2016	139	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-5	Nei
114	15.04.2016	138	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
115	15.04.2016	142	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-4	Nei
116	15.04.2016	137	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
117	15.04.2016	139	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-3	Nei
118	15.04.2016	142	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
119	15.04.2016	146	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	4	Ja/Nei
120	15.04.2016	144	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	4	Ja/Nei
121	15.04.2016	142	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	3	Ja/Nei
122	15.04.2016	136	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
123	15.04.2016	138	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Overlever		
124	15.04.2016	142	Vill	Vosso	18:00	Djupne	Døyr	-3	Ja/Nei
125	15.04.2016	144	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
126	15.04.2016	149	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Ja/Nei
127	15.04.2016	137	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Ja/Nei
128	15.04.2016	145	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
129	15.04.2016	138	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	3	Ja/Nei
130	15.04.2016	142	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	3	Ja/Nei
131	15.04.2016	142	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	1	Ja
132	15.04.2016	138	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Ja
133	15.04.2016	138	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Ja
134	15.04.2016	138	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	3	Ja
135	15.04.2016	153	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
136	15.04.2016	135	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	3	Nei
137	15.04.2016	137	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
138	15.04.2016	146	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
139	15.04.2016	141	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	1	Ja

MerkeID	Merkedato	Lengde (mm)	Opphav	Utsettstad	Tid utsett	Merketype	Lagnad	Døds- sone	Eten?
140	15.04.2016	142	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
141	15.04.2016	135	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Nei
142	15.04.2016	143	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
143	15.04.2016	133	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Ja
144	15.04.2016	142	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	4	Nei
145	15.04.2016	134	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		Ja
146	15.04.2016	140	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
147	15.04.2016	146	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	1	Nei
148	15.04.2016	147	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Overlever		
149	15.04.2016	141	Vill	Bolstadelva	20:00	Djupne	Døyr	2	
150	14.04.2016	179	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-10	Ja/Nei
151	14.04.2016	180	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Overlever		
152	14.04.2016	149	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
153	14.04.2016	149	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
154	14.04.2016	162	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Usikker		
155	14.04.2016	186	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
156	14.04.2016	141	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Overlever		
157	14.04.2016	163	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Overlever		
158	14.04.2016	154	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
159	14.04.2016	176	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-10	Nei
160	14.04.2016	155	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Ja
161	14.04.2016	153	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-12	Nei
162	14.04.2016	176	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-9	Ja/Nei
163	14.04.2016	151	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
164	14.04.2016	136	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-12	Nei
165	14.04.2016	162	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-7	Nei
166	14.04.2016	174	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Overlever		
167	14.04.2016	162	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-5	Ja/Nei
168	14.04.2016	145	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
169	14.04.2016	162	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-12	Nei
170	14.04.2016	158	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-7	Nei
171	14.04.2016	132	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-12	Nei
172	14.04.2016	144	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-12	Nei
173	14.04.2016	151	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-11	Nei
174	14.04.2016	142	Vill	Øvre Vosso	22:00	Djupne	Døyr	-10	Ja
799	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-6	Nei
800	15.04.2016	131	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-5	Ja
801	15.04.2016	126	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Ja
802	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Ja
803	15.04.2016	123	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-5	Ja
804	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-5	Ja
805	15.04.2016	137	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Nei
806	15.04.2016	128	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-4	Ja
807	15.04.2016	131	Vill	Vosso	18:00	ID	Overlever		
808	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-5	Ja

MerkeID	Merkedato	Lengde (mm)	Opphav	Utsettstad	Tid utsett	Merketype	Lagnad	Døds- sone	Eten?
809	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Ja
810	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-8	Nei
811	15.04.2016	129	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Nei
812	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Nei
813	15.04.2016	134	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Nei
814	15.04.2016	134	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-8	Nei
815	15.04.2016	134	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Nei
816	15.04.2016	135	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Ja/Nei
817	15.04.2016	130	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	2	Nei
818	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-4	Ja
819	15.04.2016	134	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-5	Ja
820	15.04.2016	128	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-4	Nei
821	15.04.2016	136	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-3	Ja
822	15.04.2016	137	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	-4	Ja
823	15.04.2016	132	Vill	Vosso	18:00	ID	Døyr	1	Nei
824	15.04.2016	130	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	4	Nei
825	15.04.2016	134	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	3	Nei
826	15.04.2016	132	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	4	Ja/Nei
827	15.04.2016	126	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	3	Nei
828	15.04.2016	126	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	2	Nei
829	15.04.2016	133	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
830	15.04.2016	132	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
831	15.04.2016	131	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	4	Ja/Nei
832	15.04.2016	129	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
833	15.04.2016	142	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
834	15.04.2016	131	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	2	Nei
835	15.04.2016	129	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
836	15.04.2016	126	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
837	15.04.2016	128	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
838	15.04.2016	129	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	-4	Nei
839	15.04.2016	128	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
840	15.04.2016	131	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
841	15.04.2016	128	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	2	Nei
842	15.04.2016	127	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	4	Nei
843	15.04.2016	126	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	1	Nei
844	15.04.2016	121	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
845	15.04.2016	136	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	3	Nei
846	15.04.2016	134	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
847	15.04.2016	127	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Døyr	4	Nei
848	15.04.2016	132	Vill	Bolstadelva	20:00	ID	Overlever		
849	15.04.2016	156	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-10	Nei
850	15.04.2016	139	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
851	15.04.2016	156	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
852	15.04.2016	142	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
853	15.04.2016	147	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei

MerkeID	Merkedato	Lengde (mm)	Opphav	Utsettstad	Tid utsett	Merketype	Lagnad	Døds- sone	Eten?
854	15.04.2016	156	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-10	Nei
855	15.04.2016	138	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
856	15.04.2016	157	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
857	15.04.2016	144	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
858	15.04.2016	136	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
859	15.04.2016	156	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
860	15.04.2016	172	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
861	15.04.2016	139	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
862	15.04.2016	151	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
863	15.04.2016	146	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
864	15.04.2016	163	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
865	15.04.2016	161	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
866	15.04.2016	143	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-8	Nei
867	15.04.2016	161	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
868	15.04.2016	159	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
869	15.04.2016	149	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-10	Ja/Nei
870	15.04.2016	163	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
871	15.04.2016	151	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-11	Nei
872	15.04.2016	147	Klekkeri	Øvre Vosso	21:30	ID	Døyr	-12	Nei
873	16.04.2016	137	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei
874	16.04.2016	136	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei
875	16.04.2016	138	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
876	16.04.2016	141	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei
877	16.04.2016	146	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
878	16.04.2016	146	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
879	16.04.2016	148	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
880	16.04.2016	140	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-10	Nei
881	16.04.2016	150	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei
882	16.04.2016	143	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
883	16.04.2016	153	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
884	16.04.2016	154	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
885	16.04.2016	153	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
886	16.04.2016	155	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
887	16.04.2016	136	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei
888	16.04.2016	153	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
889	16.04.2016	143	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei
890	16.04.2016	148	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
891	16.04.2016	146	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
892	16.04.2016	141	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
893	16.04.2016	136	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
894	16.04.2016	141	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
895	16.04.2016	154	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
896	16.04.2016	154	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
897	16.04.2016	155	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-12	Nei
898	16.04.2016	144	Klekkeri	Øvre Vosso	12:30	ID	Døyr	-11	Nei

MerkeID	Merke dato	Lengde (mm)	Opphav	Utsettstad	Tid utsett	Merke type	Lagnad	Døds- sone	Eten?
899	14.04.2016	149	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
900	14.04.2016	137	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
901	14.04.2016	146	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
902	14.04.2016	144	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-8	Nei
903	14.04.2016	142	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-12	Nei
904	14.04.2016	133	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-12	Nei
905	14.04.2016	148	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
906	14.04.2016	145	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-10	Ja/Nei
907	14.04.2016	128	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-12	Nei
908	14.04.2016	135	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-12	Nei
909	14.04.2016	142	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-9	Nei
910	14.04.2016	134	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-10	Nei
911	14.04.2016	137	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-5	Ja
912	14.04.2016	142	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-12	Nei
913	14.04.2016	143	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Ja/Nei
914	14.04.2016	137	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-2	Nei
915	14.04.2016	132	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-12	Nei
916	14.04.2016	136	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
917	14.04.2016	140	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-3	Nei
918	14.04.2016	132	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
919	14.04.2016	129	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-8	Ja
920	14.04.2016	129	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Ja/Nei
921	14.04.2016	128	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
922	14.04.2016	132	Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei
923	14.04.2016		Vill	Øvre Vosso	22:00	ID	Døyr	-11	Nei