

Appendiks IX

Vurdering av tidspunkt for utvandring av laksesmolt i elver i Norge : status for utvikling av prediksjonsmodeller for produksjonsområdeforeskriften

Knut Wiik Vollset¹, Robert Lennox¹, Ola Ugedal², Harald Sægrov³

1) NORCE-LFI; 2) Norsk institutt for naturforskning; 3) Rådgivende biologer

SAMMENDRAG

Dette notatet presenterer foreløpige resultater fra et pågående arbeid med å utvikle prediksjonsmodeller for utvandring av laksesmolt basert på vassdragenes beliggenhet, nedbørfeltkarakteristika, fysiske forhold i vassdragene som vannføring og vanntemperatur og metoder brukt for innhenting av data. Som det kommer fram av notatet har ikke metoden med bruk av nedbørfeltsdata som er første steg i modell tilpasning, noen bedre prediksjonsevne enn en modell som kun bruker breddegrad som forklaringsvariabel. Dette har sammenheng med at det er en romlig autokorrelasjon i nedbørfeltsdata som gjør at det er umulig å separere effekten av breddegrad og disse forklaringsvariablene. Modellen som inkluderer mellomårsvariasjon i nedbør og temperatur i de forskjellige vassdragene er ikke ferdigstilt. Til rapportering til produksjonsområdeforeskriften i 2019 er det derfor nødvendig å gjøre en spesiell vurdering om utvandringen fra vassdragene i de forskjellige regionene var tidlig eller sen basert på årets tilgjengelige overvåkningsdata. Vi har derfor i etterkant av presentasjonen av modellen gjort en oppsummering av ny kunnskap om utvandring av laksesmolt i Norge og vurdering av om utvandringen var sen eller tidlig i 2018 og 2019.

INTRODUKSJON

Smoltutvandringstidspunkt og forløp for de forskjellige elvene innen de forskjellige POene er en av de mest sensitive parameterne i modelleringen av effekter av lakselus på bestander av laks. Dette er resultat av at smittepresset vanligvis øker dramatisk utover sesongen som en konsekvens av at smittepresset fra lakselus er temperaturavhengig. Sent utvandrende laksesmolt vil dermed i flere områder kunne få et mye høyere påslag av lus og vil dermed ha en økt risiko for lakselusindusert dødelighet.

I tidligere rapporter fra ekspertgruppen har tidspunktet for smoltutvandring blitt vurdert for hver enkelt elv basert på ekspertvurderinger. Denne metoden innebærer at man har brukt verdier fra elver hvor man har data og basert på karakteristikk og plassering av de elvene som man ikke har data, vurdert hvilket forløp man skal bruke. Dette er en metode som har åpenbare svakheter ettersom det er vist at tidspunktet for utvandring innenfor korte geografiske avstander kan avvike mye (Vollset mfl. 2016). For å forbedre denne metoden har et utvalg av gruppen fått i oppgave å prøve å tilpasse en mer kvantitativ og dermed mer objektiv modell som kan brukes til å estimere utvandringstidspunkt for forskjellige vassdrag langs kysten.

Generelt kan man se for seg at variasjonen i utvandringstidspunkt mellom elver skyldes to overordnede prosesser.

1. Faktorer som påvirker variasjonen mellom elver
2. Faktorer som påvirker variasjonen innad i en elv mellom år

Begge er av interesse i vurderingen og beskrivelsen av utvandringstidspunktet. For eksempel kan man se for seg at geomorfologiske karakteristika (habitat, størrelse, formen på nedslagsfelt etc.) og klima påvirker hvordan laksen i elven generelt sett vandrer ut, mens variasjon i vær (og eventuelle reguleringseffekter) påvirker mellomårsvariasjonen innad i elven. Fra et forvaltningsperspektiv er en først og fremst opptatt av hvordan gjennomsnittstidspunktet for når laksen vandrer fra de forskjellige elvene, og hva den naturlige variasjonen mellom år og mellom individer er, slik at man definerer et tidsrom hvor man er opptatt av å vurdere om smittepresset fra oppdrett er for høyt. På den andre side, vil vurderingene av effekten av dette smittepresset påvirkes sterkt av når eksakt laksen fra de forskjellige vassdragene går de forskjellige årene. Dette blir spesielt relevant hvis mellomårsvariasjonen er stor, slik den virker til å være i noen vassdrag (Vollset mfl. 2016, se også oppsummering i Karlsen mfl. 2016).

Et annet element i forhold til å modellere mellomårsvariasjon er at dette krever et detaljnivå som er vanskelig å fremskaffe for mange elver. Sannsynlige forklaringsvariabler som er viktige er (1) vannføring og (2) temperaturforløp gjennom året, og selv om man har gode data for en del elver, vil det være mange elver hvor man ikke har slike data. For å kunne implementere modellen for hele landet kreves det derfor at man har gode modelleringsdata, noe som igjen krever at man har validert at disse modellene klarer å gjenskape forklaringsvariablene på et detaljnivå som er godt nok for å beskrive smoltutvandring. Dette arbeidet er pågående og er ikke ferdigstilt til modellkjøringene for rapporten fra ekspertgruppen i 2019.

Første del av analysen er gjennomført og er en analyse av tidspunkt for utvandring av laksesmolt hvor vi har forsøkt å modellere effekten av morfologien til vassdragene og egenskaper til vassdragenes nedbørfelt. I Del 1 av dette notatet beskriver vi detaljer i datagrunnlaget og resultatene fra denne modelleringen.

Del 1. Modelling av utvandring basert på data om nedbørsfelt

Del 1.1 Material og metoder

Data for tidspunkt for smoltutvandring

Data fra smoltutvandring er sammenstilt basert på publiserte artikler i vitenskapelige tidsskrift, i norske rapporter (gråliteratur) og delvis upubliserte data fra de siste årene som er samlet inn av NORCE-LFI, NINA og HI. Referanser til de ulike datakildene er gitt i tidligere kunnskapsoppsummeringer av slike data (Otero mfl. 2014, Ugedal mfl. 2014, Karlsen mfl. 2016) og referanser til nyere publisert litteratur er gitt i Del 2 av dette notatet.

Data nedbørsfelt

Data om nedbørsfelt og feltparametre er nedlastet fra NEVINA (Nedbørsfelt-Vannføring-INdeks-Analyse; se: <http://nevina.nve.no/>). Dette innebærer høyde data for nedbørsfeltet, arealsammensetning og boniteringstype av nedbørsfeltet, samt gjennomsnittlig avrenning, nedbør og lufttemperatur for feltene.

Andre forklaringsvariabler

I tillegg til nedbørsfeltsdata lastet ned fra NVE har vi inkludert de følgende forklaringsvariablene: Tilstedeværelse av innsjø i anadrom del av vassdrag (Ja/Nei), vassdragsregulering (Ja/Nei), år og breddegrad.

Data analyse

Principal component analysis av nedbørsfeltsdata

Ettersom det var 18 forklaringsvariabler i nedbørsfeltsdataene fra NEVINA som i flere tilfeller samvarierer sterkt, var vi nødt til å forenkle dette. Dette ble gjort ved å gjøre en principal component analyse (PCA) for å beskrive dataene i forenklede akser (PC1 & PC2 axis). I enkle termer betyr dette at man har forenklet dataene til noen få forklaringsvariabler som beskriver det meste av variasjonen i forklaringsvariablene, hvor PC1 er den som beskriver mest av variasjonen, mens PC2 er den som beskriver nest mest. De viktigste forklaringsvariablene som driver PC1 variabelen virker til å være gjennomsnittlig årsnedbør, mens den som driver PC2 er makshøyde på nedslagsfeltet.

Modell

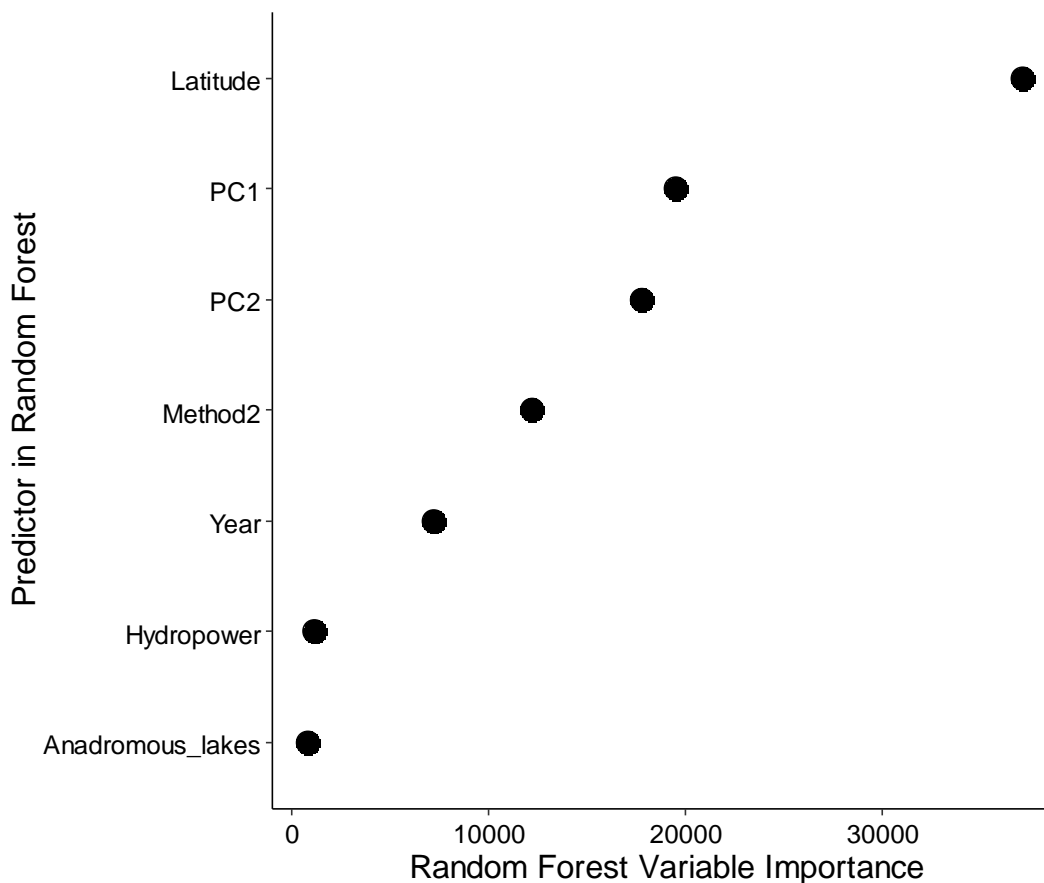
I denne rapporten bruker vi 25% utvandringstidspunkt som et målepunkt for utvandringen. Dette er et målepunkt som er vanlig å angi ved studier av smoltutvandring og er også den samme responsvariabelen som brukes i Otero mfl. (2014). Tidspunkt for 25 % utvandring kan ansees å være det sikreste målet, det vil si det målet som er minst avhengig av ulike feilkilder med de ulike metodene, for når utvandringen av laksesmolt er kommet skikkelig i gang. For å evaluere om forklaringsvariablene beskriver noe av variasjonen bruker vi en enkel «random forrest» modell. En slik tilnærming ble brukt i en modell hvor alle nedbørsfeltsvariablene ble inkludert, og så sammenlignet med en enklere modell der nedbørsfeltsvariablene ble byttet ut med PC variablene beskrevet over. Hovedkonklusjonen fra denne sammenligningen er at resultatene er veldig like og vi har derfor valgt å kun presentere den forenklede modellen med PC variablene.

I tillegg benytter vi en lineær mikset modell (LMM) med en normalfordeling, hvor det er enklere å forstå sammenhengen mellom forklaringsvariabelen og responsvariabelen. Vi bruker elv som tilfeldig variabel («random effect»), mens de faste variablene («fixed effects») etter forenklingen av dataene fra NEVINA er som følger:

Forklaringsvariabel	Max/min verdi	Kategorier
År	1983-2019 (definert som faktor)	
Metode		Akustikk, PIT, Ruser/Feller, Video, Wolffelle
PC1	Se forklaring over	
PC2	Se forklaring over	
Regulering		Ja/Nei
Innsjø i anadrom strekning		Ja/Nei

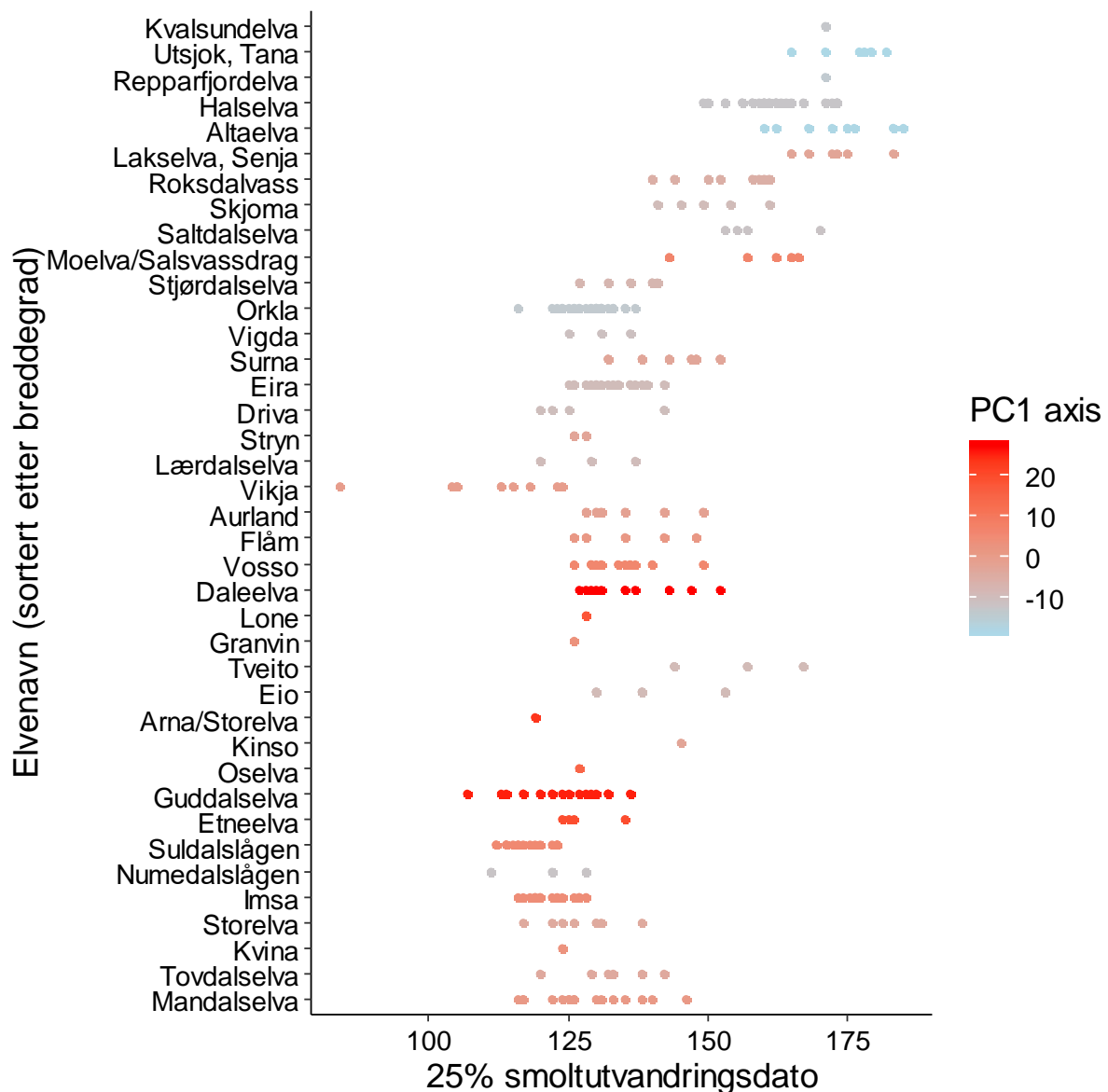
Resultat

Fra «random forrest» modellen er det åpenbart at breddegrad («Latitude»), er den viktigste forklaringsvariabelen, mens PC1 og PC2 også virker til å kunne forklare deler av variasjonen mellom vassdrag. Metoden, år og regulering («Hydropower»), og innsjøer virker til å være mindre viktige forklaringsvariabler. Det er viktig å påpeke at denne modellen ikke korrigerer for at det er gjort flere målinger i samme elv.



Figur 1. Prediksjonsvariabler versus et mål for «viktighet» tatt fra Random forrest modellen.

Det er relativt enkelt å se hvorfor breddegrad er en viktig forklaringsvariabel i modellen. I **figur 2** har vi plottet utvandringstidspunkt versus elv sortert etter breddegrad hvor hvert punkt er fargekodet ifølge PC1 variabelen. Merk at det virker til å være romlig korrelasjon mellom PC1 og breddegrad, slik at elver lenger sør virker til å ha høyere PC1 verdier enn elver lenger nord. Dette skyldes at nedbørsfeltene i de forskjellige regionene er korrelerte i de forskjellige områdene i Norge. En måte å vurdere på om prediksjonsevnen til modellen er god er å dele datasettet opp i ett datasett som man bruker til å tilpasse modellen «lærings datasett» og bruke resten av datasettet «validerings datasett» til å teste hvor godt modellen redikerer dataene. Avhengig av oppdelingen av dataene kan vi forklare mellom 50-70% av variasjonen i utvandringstidspunkt for en elv med disse variablene ved en random forrest model. Dette reduseres litt ved at man fjerner breddegrad som forklaringsvariabel. Dette er kanskje overraskende gitt at breddegrad er en så viktig forklaringsvariabel. Årsaken er den sterke romlige korrelasjonen mellom nedbørsfelt data (som er beskrevet i PC1 og PC2), og breddegrad. Dette betyr i praksis at vi kan enten forklare variasjonen ved hjelp av nedbørsfeltdata og få en litt dårligere tilpasning, eller forklare variasjonen ved hjelp av breddegrad og få en litt bedre forklaringsmodell. Vår konklusjon er at nedbørsfeltet er viktig for å definere utvandringen for laksesmolten, men at det er umulig å bevise årsakssammenhengen uten mer detaljert kunnskap om vannføring og temperatur fra vassdragene. I tillegg er det per dags dato ingen grunn til å bruke disse dataene i en prediksjonsmodell gitt at breddegrad gir en bedre forklaringsgrad.



Figur 2. Smoltutvandringssdato og verdier av PC1

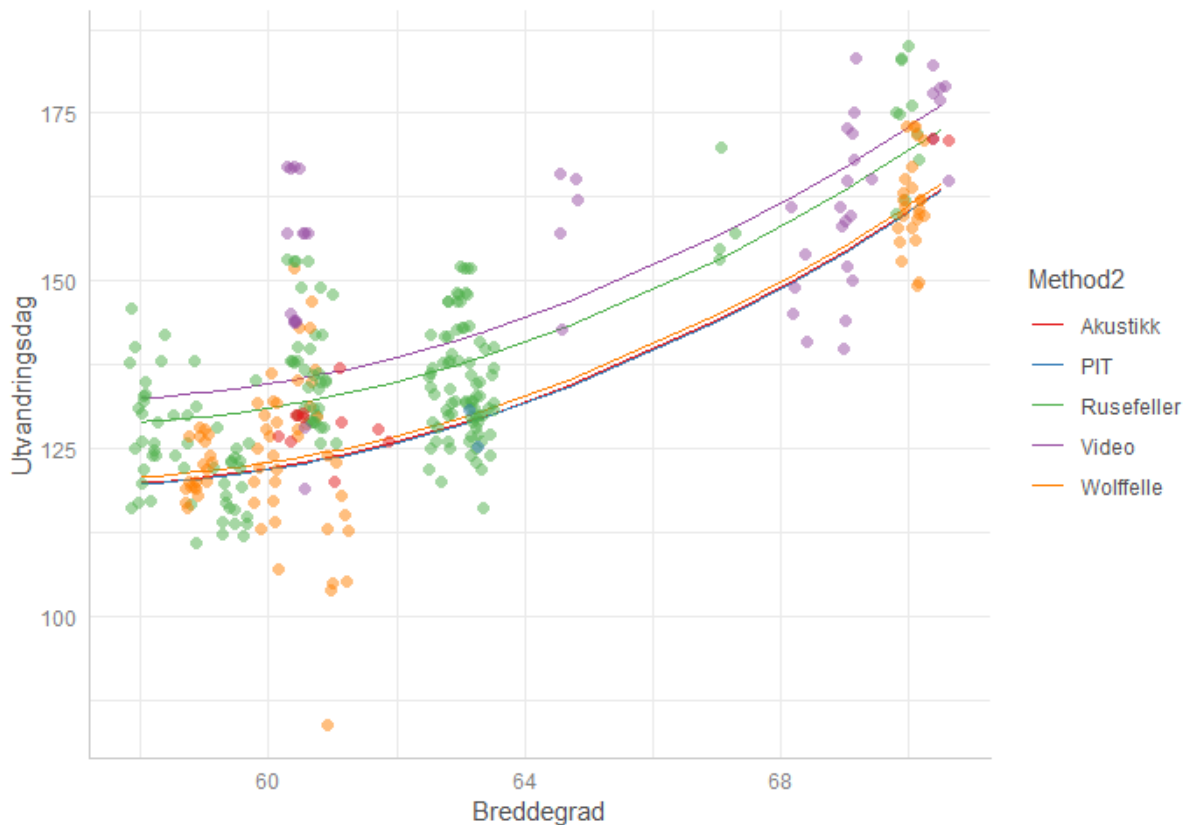
Resultat fra LMM

I kontrast til «Random Forrest» modellen var det kun breddegrad og metode som kom ut som signifikante forklaringsvariabler i LMM-modellen (dvs. hadde den laveste AIC verdien). I første tilpasning til modellen lot vi utvandringstidspunktet variere lineært med breddegrad.

Fra residualplott virket det som om det var en kurvelineær trend i dataene, og vi prøvde derfor å tilpasse et andre ordens polynom til breddegrad. Dette senket AIC med mer enn 2 og vi beholdt derfor denne variabelen. Den endelige modellen er presentert i **tabell 1** og i **figur 3**.

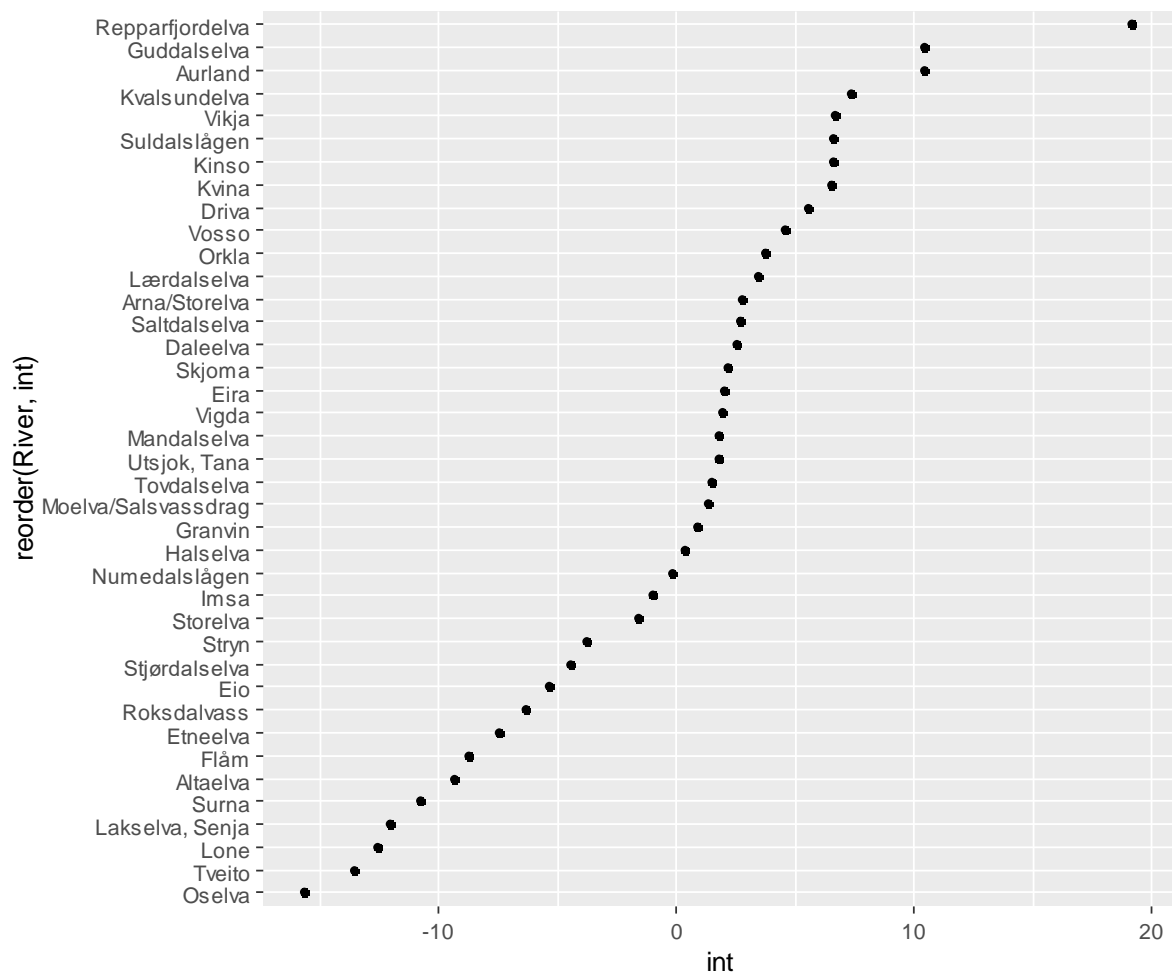
Tabell 1. Endelig modell for sammenhenger mellom utvandningsdag for laksesmolt (25 % akkumulert utvandring), breddegrad og metode benyttet for å samle inn data.

	Value	Std.Error	DF	t-value	p-value
(Intercept)	865.05	473.33	292	1.83	0.07
Latitude	-26.29	14.73	34	-1.79	0.08
I(Latitude^2)	0.23	0.11	34	2.03	0.05
Metode:PIT	-0.21	7.86	292	-0.03	0.98
Metode:Rusefeller	9.02	3.14	292	2.88	0.00
Metode:Video	12.59	4.32	34	2.91	0.01
Method2Wolffelle	0.84	4.68	34	0.18	0.86



Figur 3. Endelig modell for sammenhenger mellom utvandningsdag for laksesmolt (25 % akkumulert utvandring), breddegrad og metode benyttet for å samle inn data.

Det er viktig å påpeke her at variasjonen mellom elvene («random effect») virker til å ha normalfordeling (med unntak av enkelte elver), men at det var relativt stor variasjon mellom elvene som kun ble beskrevet i den tilfeldige variabelen i modellen (**figur 4**).



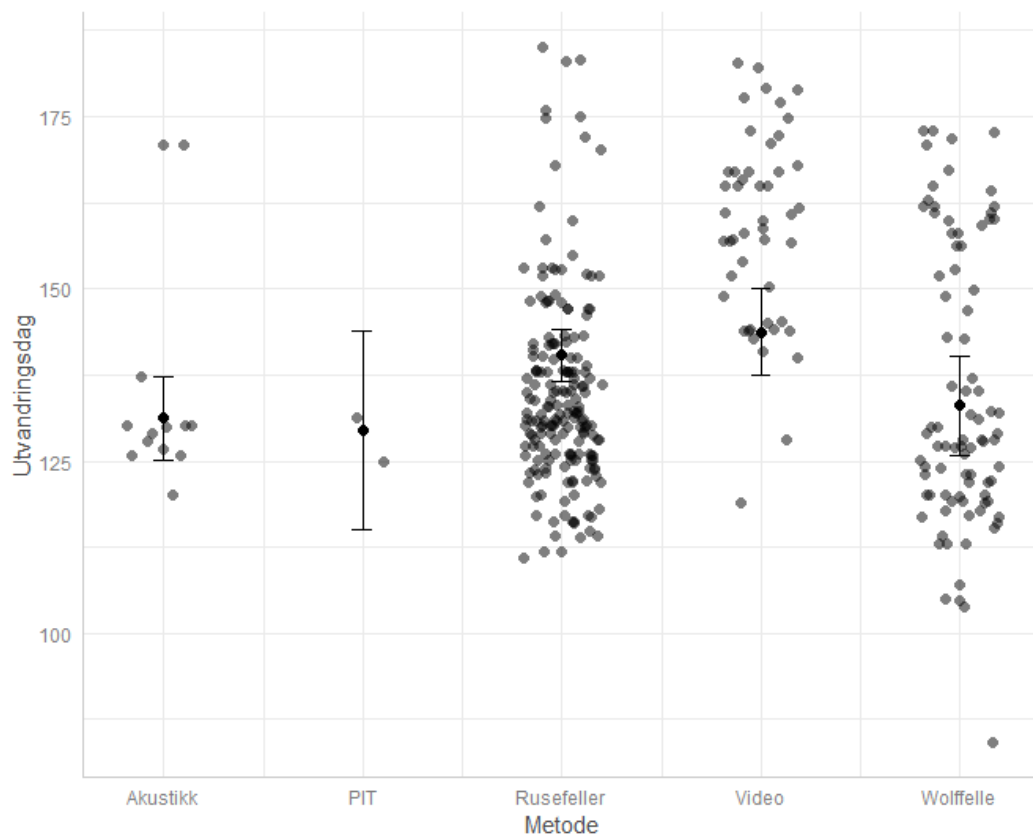
Figur 4. Verdiene for «intercept» i den tilfeldige delen av modellen («random effects»).

Effekt av metode

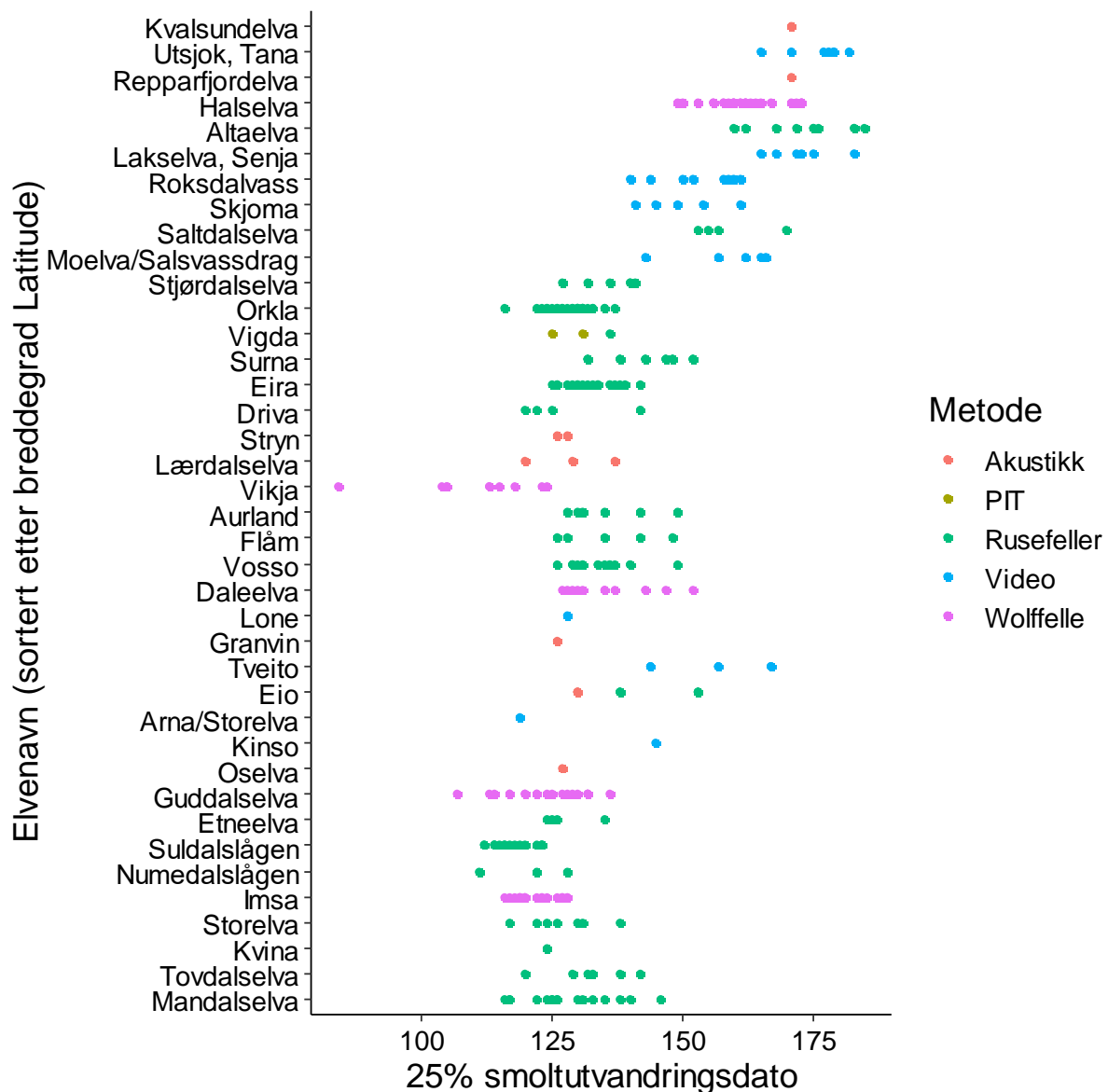
Hvis man ser på effekten av metoder, virker det som at studier som benyttet PIT-merker («passive integrated transponders») og akustikk-merker (akustisk telemetri) til å følge fisken generelt sett beregnet tidligst start på utvandring, mens studier som benyttet video beregnet senest start på utvandring (**figur 5**). Den største forskjellen på metoder er kanskje at PIT- og akustikk-metoder beregner utvandring basert på fisk som har blitt fanget, identifisert som sannsynlig smolt, og deretter merket. Dette kan føre til at det merkes en overvekt av individer som har kommet langt i smoltifiseringen og utviklingen av typiske morfologiske trekk knyttet til dette. Slike individer har trolig tidligere utvandring enn individer som har kommet kortere i smoltifiseringen. Metodene hvor man bruker merket fisk har i gjennomsnitt en 9,5 dagers tidligere utvandringstidspunkt enn metoder hvor man estimerer tidspunktet basert på fisken man fanger i feller eller ruser.

Wolffeller kommer også ut som å ha en relativ tidlig utvandring. Her er det derimot viktig å peke på at dette estimatet påvirkes av data fra Vikja, som er en uteligger i datasettet, og hvor fellen kun fanger opp fisk som vandrer ned fra et restfelt i vassdraget og som har svært tidlig nedvandring i enkelte år (se **figur 6**). Vi vet ikke om de individene som vandrer tidlig ut fra dette restfeltet fortsetter vandringen eller har et kortere eller lengre opphold i de nedre deler av

vassdraget eller elvemunningen. Her må det også pekes på at flesteparten av studiene som benytter video er gjennomført i Nord-Norge noe som kan bidra til at estimatene med denne metoden har senere utvandring enn forventet med andre metoder.



Figur 5. Sammenhenger mellom utvandringstidspunkt og metode benyttet til å skaffe data. Error estimatene viser konfidensintervallet basert på de partielle residualene fra modellen.



Figur 6. Smoltutvandringstidspunkt sortert fra sør til nord fargekodet for de 5 forskjellige metodene brukt.

Diskusjon:

Resultatene fra analysen kan summeres opp i to viktige budskap (1) Nedbørsfelldata virker til å kunne forklare en del av variasjonen i utvandringstidspunkt for laksesmolt i Norge, men det er viktig å påpeke at nedbørsfelldata og breddegrad er sterkt korrelert og at en modell med kun breddegrad har en bedre forklaringsgrad enn en modell med kun nedbørsfelldata, (2) fra LMM modellen virker det som de forskjellige metodene estimerer forskjellige utvandringstidspunkt. Eksempelvis virker det som at videoregistrering gir et senere utvandringforløp enn metoder som bruker merket fisk.

Årsaken til at breddegrad er en så viktig forklaringsvariabel har vært diskutert også i andre studier. Den kanskje mest utbredte forklaringsmodellen til dette mønsteret er at det er sterk seleksjon for at fisken skal vandre ut i havet på et tidspunkt som er gunstig for vekst og

overlevelse. Eksempelvis foreslo Hvidsten mfl. (1998) at laksebestander i Norge er selektert for å vandre ut når temperaturen i sjøen utenfor elven er om lag 8 °C eller mer. Det samme er også foreslått i andre studier (Whalen mfl. 1999). Otero mfl. (2014) viste også det samme mønsteret med senere utvandring i nord og viste i tillegg at denne utvandringen har i snitt endret seg til å være tidligere rundt Nord-Atlanteren ettersom klimaendring har påvirket både temperaturen i ferskvann og i sjøen. Dette støtter teorien om at dette er et fenologisk fenomen som er regulert av temperatur.

Kanskje et av de mest interessante resultatene fra denne analysen er at det er forskjell i estimater mellom metodene. Dette er kanskje ikke overraskende, men det er ikke vist systematisk i et så stort datasett før. Det er imidlertid viktig å peke på at det er veldig få elver i datasettet hvor flere enn en metode er brukt. Dette er en svakhet i denne analysen, og vi oppfordrer til flere studier i samme elv med forskjellige metoder for å forstå hvor stor denne forskjellen er mellom metoder. Vårt perspektiv er at alle metoder har forskjellige type feilkilder og det er viktig å være observant på disse når dataene analyseres og tolkes. Eksempelvis vil resultatene for ulike merkemetoder være sensitive til hvor representativt utvalget av fisk er for smoltbestanden i vassdraget som helhet. Metoder som fanger et utvalg av den vandrende smolten vil være sensitive til om fisken unngår fangstredskapet og i hvor stor grad variabel fangsteffektivitet av smolt i feller er miljøavhengig og varierer gjennom utvandringsperioden (se for eksempel Haraldstad mfl. 2017). Å sammenlikne data fra forskjellige datakilder som har brukt ulike metoder uten å vurdere om metodene har påvirket resultatet frarådes, og vi oppfordrer også alle som gjør slike analyser til å inkludere all informasjon som kan brukes til å evaluere eventuelle skjevheter i resultatene.

Tilstedeværelsen av innsjøer eller vassdragsregulering i elvene hadde ikke noen sterk forklaringskraft i modellene. Dette er kanskje ikke uventet, gitt at variabelen kun er kategorisk ja/nei og dermed ikke inkluderer mange detaljer som kan være viktig for å forstå disse forklaringsvariablene. Eksempelvis kan vassdragsreguleringer påvirke vanntemperatur og vannføring i perioden før og under smoltutvandringen på forskjellige måter i ulike regulerte elver, og ved å bare kategorisere elvene som regulert eller ikke vil en stor del av denne variasjonen ignoreres.

Veien videre

Før smolt av laks, ørret og røye vandrer til sjøs om våren gjennomgår de forandringer i fysiologi, utseende og atferd som forberedelser til livet i saltvann. De ytre faktorene som påvirker smoltutvandringen kan deles inn i regulerende og kontrollerende faktorer (Byrne mfl. 2003, 2004, Jonsson & Jonsson 2009). De regulerende faktorene påvirker smoltifiseringsprosessen og virker før selve smoltutvandringen, mens de kontrollerende faktorene påvirker selve vandringen.

Smoltifiseringsprosessen er hovedsakelig styrt av daglengde og vanntemperatur. Økende og avtakende daglengde forteller fisken hvilken sesong det er og temperaturen påvirker hvor hurtig fysiologiske prosesser skjer (McCormick mfl. 2002). Variasjoner i vanntemperatur mellom år kan derfor gi variasjon i smoltifiseringstidspunkt, noe som igjen vil kunne påvirke tidspunktet for vandring (Zydlewski mfl. 2005).

Vanntemperatur, vannføring og forandringer i disse to miljøfaktorene er de viktigste kontrollerende faktorene under selve smoltutvandringen. Flere studier viser at

vanntemperaturen og økningen i vanntemperatur om våren er vesentlige for når smoltutvandringen starter (f. eks. Jonsson & Ruud-Hansen 1985, Veselov mfl. 1998, Whalen mfl. 1999, Jutila mfl. 2005). Jonsson & Ruud-Hansen (1985) modellerte for eksempel med høy grad av nøyaktighet når laksesmolten i Imsa (Rogaland) vandret ut ved å bruke kurven for temperaturutvikling i vassdraget om våren. I andre elver kan høy og økende vannføring utløse smoltvandringen slik som i Rikleån i Sverige (Østerdahl 1969). Også i Orkla synes vannføringsøkninger å ha vesentlig betydning for starten på smoltutvandringen (Hvidsten mfl. 1995). Den relative betydningen av ulike omgivelsesfaktorer for start og forløp av smoltutvandringen synes å variere mellom vassdrag, og populasjonsspesifikke tilpasninger til lokale forhold synes å kunne innvirke på tidspunktet for utvandringen (Jonsson 1991).

I Norge synes det å være forskjeller mellom vassdrag og sannsynligvis også regioner i hvilke triggermekanismer som er viktigst for å utløse utvandring. I sørlige vassdrag som Storelva i Aust-Agder (Haraldstad mfl. 2017) og Imsa i Rogaland (Jonsson & Ruud-Hansen 1985, Jonsson & Jonsson 2014) synes vanntemperatur og økning i vanntemperatur å være den viktigste omgivelsesfaktoren som påvirker start og forløp for smoltutvandring hos laks. I begge disse vassdragene skjer utvandringen vanligvis på synkende vannføring etter vårflom.

I flere vassdrag på Vestlandet og i Midt-Norge synes starten av utvandringen å utløses av økning i vannføring på våren (for eksempel Hvidsten mfl. 1995, Ugedal mfl. 2014, Urke mfl. 2014, 2018, Isaksen mfl. 2019). Fisken må imidlertid være kommet langt nok i smoltifiseringen før den responderer på slike vannføringsstimuli. I noen av disse vassdragene er det også vist at endringer i vanntemperatur kan være en viktig faktor for å forklare variasjonen i utvandringsforløp mellom år (for eksempel Haugen mfl. 2019).

I vassdrag i Nord-Norge synes variasjon i vanntemperatur igjen å være en viktig faktor for å forklare mellomårsvariasjon i utvandringstidspunkt for laksesmolt (Orell mfl. 2007, Lamberg mfl. 2014, 2015) og det er pekt på at akkumulert lufttemperatur gjennom vinteren/våren fram mot utvandring kan brukes til å predikere om utvandringen blir sent eller tidlig det enkelte år (Lamberg mfl. 2014, 2015). I Mandalselva i Agder kunne også akkumulert lufttemperatur på våren forklare en stor del av variasjon mellom år i tidspunkt for start av utvandring av laksesmolt (Forseth mfl. 2019). Årsaken til dette er trolig at lufttemperaturen påvirker både vannføring (gjennom snøsmelting) og hvor raskt vannet varmes opp i vassdragene. Utvikling i lufttemperatur kan derfor være en støttevariabel som kan benyttes for å predikere om smoltutvandringen vil skje sent eller tidlig.

En naturlig videreføring av modelleringsarbeidet som er beskrevet her blir derfor å inkludere variabler som beskriver utviklingen i vannføring og vanntemperatur før og under smoltutvandringsperioden i analysene. Aktuelle data er lastet ned fra NVE og under klargjøring for slike analyser.

Konklusjon

Per nå er altså tidspunktet for smoltutvandring best beskrevet av breddegraden, slik at vurderinger av tidspunktet for smoltutvandring fremdeles må settes relativt bredt for å være sikker på inkludere den variasjonen vi ser innen hver region. Vår vurdering er derfor at tidspunktet for utvandring ikke skal endres fra tidligere rapporter (Nilsen mfl. 2017, se appendiks I til denne rapporten).

Anbefalinger

Vi anbefaler følgende for det videre arbeidet

1. Følge opp studiet med å inkludere utvikling av vannføring og temperatur før og under smoltutvandringsperioden som forklaringsvariabler i analysene.
2. Utforske andre modeller som mekanistisk kan forklare utvandringssprosessen.
3. Det er veldig lite data på smoltutvandring fra breddegrad 64-68 og det anbefales at det gjennomføres flere studier i denne delen av landet.
4. Ulike metoder for å studere utvandring av smolt synes å gi systematiske forskjeller i tidspunkt for utvandring. Det er behov for flere sammenliknende studier for bedre å forstå hvor stor denne forskjellen er.

DEL 2. Ny kunnskap om utvandring av laksesmolt og vurdering av om utvandringen var sent eller tidlig i 2018 og 2019.

Vi har foreløpig få opplysninger om utvandring av laksesmolt i 2019, men noen flere fra 2018. I tillegg har det blitt publisert noen rapporter de siste årene som gir tidspunkt for smoltutvandring fra vassdrag uten slike data fra før. I dette notatet tar vi en kort gjennomgang av resultatene fra disse rapportene og gjør en vurdering av hvordan de observerte tidspunktene for smoltutvandring stemmer med de tidspunktene som er foreslått for et normalår i trafikkløssystemet. Dessuten gjør vi en vurdering av om utvandringen i 2018 og 2019 er tidligere eller senere enn forventet i et normalår basert på både publiserte og upubliserte data. I vurderingen av sannsynlig utvandringstidspunkt i trafikkløssystemet har opplysninger om tidspunkt for 25% utvandring vært styrende for vurderingen av om vassdrag har tidligere eller senere utvandring enn referansevassdrag (se appendiks I).

Nye vassdrag

Prosjektet KLAFFF presenterer data for utvandring av laksesmolt Stryn fra 2017 (Urke mfl. 2018) og fra Eidselva og Stryn i 2018 (Haugen mfl. 2019). I begge elvene ble et utvalg av smolt merket med akustiske sendere i forkant av utvandringen. Forfatterne peker på at merkingen i 2018 skjedde på stigende vannføring sent i april slik at det er mulig at resultatene dette året kan undervurdere hvor tidlig vandringen skjedde dette året.

I **Stryn** (Nordfjord, PO4) skjedde utvandringen i 2017 i løpet av mai måned med to markerte topper den 5.-6. mai og 16.-17. mai hvorav den siste toppen var den mest tallrike. I **Eidselva** (Nordfjord, PO4) i 2018 var det én smolt som vandret ut tidligere og én smolt som vandret ut etter den perioden vi har satt som normal utvandringsperiode for vassdraget. Resten av smolten vandret ut i løpet av en lengre tidsperiode fra begynnelsen av mai til litt ut i juni. I begge elvene var det to topper i utvandringen i 2018; en topp som kom rundt 8. mai og strakte seg fram til og med 15. mai, og en topp 2,5–3 uker senere, altså mot slutten av mai. Resultatene fra Stryn tyder på at tidspunkt for 25 % utvandring var om lag 6.-8. mai i begge årene.

For begge disse elvene er utvandningsperioden i et normalår satt til 1. mai-10. juni med forventet tidspunkt for 25 % utvandring den 11. mai. Den observerte utvandringen i 2018 av merket smolt i begge disse elvene er i rimelig god overensstemmelse med forventet normalutvandring brukt i trafikklyssystemet.

I begge disse vassdragene finnes det innsjøer og det produseres noe laksesmolt i elver oppstrøms innsjøene. I undersøkelsene ble det bare merket fisk nedstrøms innsjøene. I Stryn foregår mesteparten av smoltproduksjonen nedstrøms Strynevatn. På lik linje med Stryn er det sannsynligvis lav smoltproduksjon ovenfor Hornindalsvatnet, men vi kan likevel ikke utelukke at dette kan påvirke estimatene for tidspunkt for smoltvandring noe.

I prosjektet «Salmon Tracking 2020» skal det blant annet gjøres en kartlegging av vandringsmønster til laks og ørret frå **Eio**, **Granvinsvassdraget** og **Oselva** i Hardanger (PO3) ved bruk av akustisk fisketeleometri over tre år (Urke mfl. 2019). Forfatterne peker på at disse tre vassdragene er interessante fordi de har ulik beliggenhet i produksjonsområdet. Oselva ligg i midtre/ytre del av PO3, mens Eio og Granvinselva ligger langt inne i fjorden.

Resultatene fra undersøkelsene i 2018 er presentert av Urke mfl. (2019). I alle vassdragene ble det merket laksesmolt med akustiske sendere i forkant av forventet utvandring (i løpet av april). I alle tre vassdragene er det innsjøer på anadrom strekning, og det produseres laks oppstrøms disse innsjøene. I dette studiet ble det bare merket laksesmolt nedstrøms innsjøene. Erfaringer fra andre vassdrag med viktig lakseproduserende areal ovenfor innsjøer er at smolt fra elver ovenfor innsjøer vandrer senere ut i sjøen sammenlignet med smolt fra elver som renner rett ut i sjøen. I Vossovassdraget er denne forsinkelsen gjerne over en uke per innsjø (Barlaup mfl. 2018), og skjevhet i merkested kan dermed ha en stor påvirkning på estimater av utvandringstidspunkt.

I alle de tre elvene vandret det ut et fåtall laksesmolt i slutten av april i 2018, mens hovedtyngden av utvandringen skjedde i mai, og utvandringen avtok mot siste uka av denne måneden. Etter dette vandret bare et fåtall individer ut til fjorden.

Tidspunkt for 25 % akkumulert utvandring var henholdsvis 7. mai, 6. mai og 10. mai i 2018 for Oselva, Granvin og Eio, mens akkumulert 50 % utvandring var henholdsvis 20. mai, 12. mai og 17. mai. Utvandringen skjedde over en lengre tidsperiode i alle tre vassdragene, og det var ingen markerte «smolttog» hvor mesteparten av fisken gikk ut i sjøen. Resultatene fra Oselva avviker fra de to andre elvene ved at en større andel av smolten hadde et noe lengre opphold i elvemunningen i denne elva før den gikk videre utover fjorden.

Foreløpige data for 2019 (upubliserte data presentert av Kristensen mfl. 2019) viser at laksesmolt i Granvin hadde utvandringstopper siste uka av april og fra midt i mai dette året. I Eio var det utvandringstopper siste uke av april og fra 16. mai litt mer spredt utvandring som varte til om lag midten av juni. I Oselva vandret det mest laksesmolt ut i slutten av april og en mindre andel ut midt i mai. Som i 2018 hadde laksesmolten i Oselva svært lang oppholdstid i elveosen i 2019, noe som kan ha betydning for vurdering av lusepåslagsperiode i sjøen. I 2019 ble det i motsetning til i 2018 også merket laksesmolt på elvestrekninger ovenfor innsjøene i Granvin og i Eio, men ikke fra Oselva. Sammenliknet med resultatene fra 2018 skjedde utvandringen i disse to elvene om lag 1,5-2 uker tidligere for akustikkmerket smolt i 2019. På grunn av ulikhet i design med hensyn til hvor smolten er merket er det vanskelig å sammenlikne

resultatene fra 2018 og 2019 direkte, men alt i alt så synes utvandringen å ha skjedd tidligere i alle fall fra elvestekningene nedenfor innsjøene i 2019.

I **Granvinsvassdraget** ble utvandringen av smolt også registrert med videoovervåking i 2018 (Lamberg 2019). Videosystemet var ikke dimensjonert for å registrere all smolt som vandret, men det ble antatt at registreringene ga en god beskrivelse av utvandningsforløpet. Det var ikke mulig å bestemme all smolt til art, men det var ingen vesentlige forskjeller i utvandringstidspunkt mellom laksesmolt, ørretsmolt og smolt som ikke ble bestemt til art. Tidspunkt for 25 % akkumulert utvandring av laksesmolt var 20. mai, og det ble observert at utvandringen av laksesmolt var konsentrert over et kort tidsrom der 50 % av all smolt passerte i løpet en uke fra 20.-25. mai. Det ble registrert få smolt før midten av mai og vandringen varte til litt ut i juni, men på grunn av en teknisk feil finnes det ikke videopptak fra 3. til 8. juni (Lamberg 2019). Utvandringen av laksesmolt registrert med video i 2018 var mer konsentrert og skjedde senere på sesongen sammenlignet med resultatene basert på akustisk telemetri dette året (Urke mfl. 2019). Senere utvandring registrert med video kan skyldes at smolt fra elvestrekninger ovenfor Granvinsvatnet inngår i disse dataene, mens det bare ble merket smolt nedenfor innsjøen med akustiske merker.

I **Eio** ble smoltutvandringen i 2017-2019 også registeret ved bruk av PIT-merker med deteksjon av utvandrende smolt både i Bjoreio (ovenfor Eidfjordvatn) og i Eio (nærmere sjøen) (Skoglund mfl. 2018, 2019). I 2017 var mesteparten av registrert utvandring i Eio konsentrert rundt to topper 6-7. mai, og 14-17. mai, som begge kom i forbindelse med en økning i vannføring (Skoglund mfl. 2018). Tidspunkt for 50 % utvandring (og 25 % utvandring) var 14. mai i Bjoreio og 16. mai i Eio. Fra 16. mai økte vannføringen og ble uvanlig høy, noe periodevis ga lavere deteksjon på antennene. Det kan derfor ha vandret ut mer smolt i flomtoppen fra 17.-23. mai enn det som ble registrert. Dette betyr at tidspunkt for median utvandring (og 25 % utvandring) vil bli estimert noe for tidlig. Det var imidlertid lite som tydet på at det forekom mye utvandring av villsmolt utover i juni (Skoglund mfl. 2018). Antallet registrerte smolt var lavt.

For 2018 var datagrunnlaget mer begrenset på grunn av at det ble merket færre villsmolt. Resultatene tyder likevel på at utvandringen i 2018 var noe senere enn i 2017 og at villsmolt vandret ut mot siste halvdel av mai og i begynnelsen av juni. Disse resultatene er usikre med tanke på å bestemme utvandningsforløp og tid på grunn av lav og vannføringsavhengig «gjendeteksjon» av PIT-merket smolt i antennene.

Foreløpige tall for utvandringen av PIT-merket laksesmolt i Eio i 2019 tyder på en to-toppet utvandring, med en topp i slutten av april og en ny topp i midten av mai (NORCE-LFI upubliserte data). Mesteparten av deteksjonene skjedde i den første toppen, noe som tyder på tidlig utvandring fra Eio dette året.

Tidligere undersøkelser i Eio (med video ved Tveito i Bjoreio og smoltruse i Eidfjordvatn i perioden 2009-2011) kan tydet på at utvandringen i dette vassdraget er sen i enkelte år med hovedutvandring i månedsskiftet mai/juni for smolt som vandrer ut fra de øvre delene av vassdraget (Skoglund mfl. 2012).

I trafikklyssystemet er vandringsperioden i et normalår til disse tre elvene i Hardanger satt til tidlig for Oselva (24. april – 1.mai – 8.mai – 3. juni), middels for Granvin (1.mai – 8.mai – 18. mai – 10. juni) og sent for Eio (8.mai – 18.mai – 28. mai – 17. juni).

Sammenliknet med trafikklyssystemet synes Oselva ut fra akustisk telemetri å ha en senere utvandring enn normalt i 2018 og Eio en tidligere utvandring enn normalt, mens utvandringen i Granvin er omtrent som forventet i et normalår. Alternativt har vi tatt feil i trafikklyssystemet ved å anta at Oselva skal ha tidligere utvandring og Eio senere utvandring enn Granvin. Vurdert ut ifra video startet utvandringen i Granvin i 2018 noe senere enn hva vi hadde forventet i et normalår. På grunn av usikkerheter omkring hva som er forventet normal utvandringsperiode for disse tre elvene er det vanskelig ut fra disse dataene å konkludere om utvandringen i 2018 skjedde til normalt tidspunkt eller ikke. De foreløpige resultatene for akustisk merket smolt fra 2019 tyder alle på at starten på utvandringen dette året skjedde tidligere enn i 2018 og trolig også tidligere enn forventet i et normalår.

I 2019 ble det også merket laksesmolt med PIT-merker i **Uskedalselva** og **Mundheimselva** (Hardanger, PO3) og de ble registrert under utvandring i antenner nær elvenes utløp til sjøen. Utvandringsforløpet var omtrent det samme i de to elvene med 25 % akkumulert utvandring hhv. 28. april og 26. april i Mundheimselva og Uskedalselva, og 50 % utvandring 5. mai og 30. april, respektivt. Utvandringen foregikk i to puljer; den første fra 22. april-1. mai og den andre fra 14.-23. mai (Bjart Are Hellen, Rådgivende Biologer, upubliserte data). Utvandringen av smolt i Uskedalselva ble også registrert med video i 2018 (upubliserte data presentert av Lamberg 2019c). Det ble observert utvandrende smolt av laks og sjørørret fra 28. april til 5. juni og akkumulert 25 % og 50 % utvandring av laks var hhv. om lag 5. mai og 13. mai. I Mundheimselva ble det i 2018 registrert 31 laksesmolt i video, og tidspunkt for 50 % utvandring var 5. mai (Lamberg mfl 2019b). Det ble altså benyttet to ulike metoder disse to årene, men resultatene tyder likevel på at utvandringen startet tidligere i 2019 enn i 2018 i begge elvene.

I Uskedalselva er normal utvandringsperiode foreslått å være 24. april-3. juni, med en forventet 25 % akkumulert utvandring 4. mai. Utvandringen i 2018 synes å være som forventet for denne elva mens utvandringen i 2019 synes å ha startet tidligere enn normalt. Mundheimselva inngår ikke i vurderinger av risiko for lusepåslag i trafikklyssystemet.

I **Modalselva** i Modalen kommune (PO4) har NORCE i 2019 operert en flytende PIT antenne på lik linje med den som er beskrevet i Vosso (Barlaup mfl. 2018). Her har vi altså ikke baseline data, men 25 % og 50 % utvandring for de få fiskene som er registrert var 30. mai og 3. juni (N=45). Det er få datapunkter, men nedslagsfeltet for elven er sammenlignbart med Vossovassdraget (se omtale lengre ned), og indikerer en ganske sen utvandring i 2019.

I **Sylte/Moelva** i Fræna, Møre & Romsdal, PO5) og i **Vigda** (Trondheimsfjorden, PO6) har det blitt registrert utvandring av PIT-merket laksesmolt ifm. overvåking av sjøoverlevelse hos laks i 2017 og 2018 (Berg mfl. 2019). Smolten har blitt fanget med elektrisk fiskeapparat og merket i forkant av utvandringen og utvandringen registrert når smolten passerer PIT-antennene nær elvemunningene. Det er foreløpig ikke gjort noe forsøk på å undersøke om og eventuelt hvordan variasjoner i deteksjons-effektivitet i antennene kan ha påvirket det observerte utvandringsforløpet.

I Sylte/Moelva var tidspunkt for 25 % utvandring 30. april og 17. mai for henholdsvis 2017 og 2018. I Vigda var 25 % akkumulert utvandring 5. mai og 11. mai for disse to årene. I begge elvene var utvandringen senere i 2018 enn i 2017. Begge disse elvene har en forventet utvandringsperiode i et normalår fra 24. april til 3 juni, med 1. mai som forventet tidspunkt for 25 % utvandring. I henhold til denne forventningen var utvandringen i disse to elvene omtrent som forventet i 2017, men om lag to uker senere enn normalt i Sylte/Moelva og en uke senere

i Vigda i 2018. Det er ikke usannsynlig at vi i trafikklyssystemet har satt forventet normalperiode for utvandring for tidlig i Vigda og kanskje også i Sylte/Moelva.

I Vigda ble utvandringen undersøkt også i 2019, men da bare gjennom fangster i en smoltskrue (m/ledegjerder). Det ble fanget laksesmolt i hele perioden (1.mai-3.juni) smoltfella var operativ (Ø. Solem NINA, upubliserte data). Tidspunkt for 25 % akkumulert fangst var 16. mai, altså en uke senere enn i 2018 og 14 dager senere enn forventet i trafikklysmodellen.

Tidlig - sent i vassdrag med tidsserier

I Wolf-fella i **Imsa** (Sandnes i Rogaland, PO 2) var 25 % akkumulert fangst av laksesmolt 28. april og 29. april i henholdsvis 2018 og 2019. I de siste 20 årene har tidspunkt for 25 % utvandring variert fra 27. april til 8. mai med en median på 1. mai (NINA, delvis publiserte data). Utvandringen her var altså 2-3 dager tidligere i 2018 og 2019, men innenfor det som kan betraktes som normalt for vassdraget. Imsa inngår ikke i vurderinger av risiko for lusepåslag i trafikklyssystemet, men er brukt som en av referanseelvene for utvandring i produksjonsområdene 2 og 3.

I smoltfella i **Guddalselva** (Hardanger, PO3) ble de første smoltene fanget i siste halvdel av april begge årene (Ø. Skaala HI, upubliserte data). Akkumulert fangst av smolt nådde 25 % henholdsvis 7. mai og 2. mai i 2018 og 2019. Utvandringen skjedde altså noe tidligere i 2019 enn i 2018. I perioden 2001-2019 har tidspunkt for 25 % akkumulert fangst i fella variert fra 23. april til 16. mai med en median på 4. mai (HI delvis publiserte data). Utvandringen i begge årene var altså innenfor 2-3 dager av langtidsnormalen og kan neppe karakteriseres å være spesielt tidlig eller spesielt sent noen av årene. Guddalselva inngår ikke i vurderinger av risiko for lusepåslag i trafikklyssystemet, men er brukt som en av referanseelvene for utvandring i produksjonsområdene 2 og 3.

I smoltrusa i **Etneelva** (Hardanger, PO3) var 25 % akkumulert fangst av smolt 15. mai og 5. mai i henholdsvis 2018 og 2019 (Ø. Skaala HI, upubliserte data). Utvandringen var altså litt senere i Etne enn i Guddalselva begge årene. I Etneelva er normal utvandringsperiode foreslått å være 24. april- 3.juni, med en forventet 25 % akkumulert utvandring 4. mai. Observasjonene tyder altså på at starten av utvandringen var innenfor et forventet normalår i Etneelva i 2019, men om lag en uke senere enn i et normalår i 2018. På den annen side så var utvandringsforløpet i begge år noe mer konsentrert i tid enn det som er lagt til grunn ved beregning av forventet tidspunkt for 50 % utvandring i trafikklyssystemet.

I **Vossovassdraget** (Voss i Hordaland, PO4) er det gjort undersøkelser i perioden 2001-2018 for å beskrive når smolten vandrer ut. Smolten er blitt fanget inn ved hjelp av en smoltskrue driftet i Bolstadhølen og/eller smoltruser plassert i Bolstadjorden ved Trollkona/Furnes ca. 4 km ut i Bolstadjorden fra Bolstad (Isaksen mfl. 2019). Redskapene har normalt vært satt ut i siste halvdel av april eller tidlig i mai, og blitt tatt inn i siste halvdel av juni. I 2017 og 2018 var 25 % akkumulert fangst av laksesmolt i feller 16. mai (sum fangst i skrue og ruse i 2017, bare ruse i 2018) og 50 % akkumulert fangst 19. mai og 30. mai for de to årene. I perioden 2001-2018 har tidspunkt for 25 % akkumulert fangst i disse fellene variert fra 5. mai til 23. mai (Isaksen mfl. 2019) med en median på 13. mai (Isaksen mfl. 2019). Utvandringen i 2018 var derfor litt senere enn normalt vurdert ut fra 25 % fangst (3 dager), men en god del senere vurdert ut fra 50 % fangst (10 dager). Utvandring i 2018 i Vosso kan kanskje karakteriseres som senere

enn normalt basert på disse dataene. I 2019 ble det ikke brukt smoltskrue, og 25 og 50% utvandring for rusene var henholdsvis 10. mai og 18. mai. Utvandringen i 2019 var derfor nær både langtidsmedianen for 25 % utvandring (13. mai) og 50 % utvandring (20. mai) og altså tidligere enn i 2018.

I tillegg til fangstredskap har det vært operert en flytende PIT antenne i Bolstadelven fra 2016-2019 (Barlaup mfl. 2018). Fisken har blitt fanget med el-fiskeapparat og merket med 23 mm PIT merker i mars-april. Dataene fra disse indikerer at registreringer av villsmolt på antennene skjer litt tidligere enn fellefangster, men generelt gir det samme bilde med hovedutvandring rundt 15.-20. mai. I 2018 og 2019 var 25 % utvandring på disse antennene 17. mai (N=50) og 16 mai (N=148), mens 50 % utvandring var 21. mai (N=50) og 18. mai (N=148). Disse dataene tyder heller ikke på at det var store forskjeller i tid for utvandring mellom 2018 og 2019.

I **Daleelva i Vaksdal** kommune (PO4) har NORCE LFI operert en Wolf-felle i elva fra uregulert restfelt oppstrøms BKK sin kraftstasjon som ligger noen kilometer opp i elva i perioden 2004-2019. Her er det registrert relativt sen utvandring med en lang hale hvert år i hele tidsperioden med en variasjon i median utvandring som har variert fra 13. mai til 25. mai. I 2018 og 2019 har median utvandring vært 13. og 16. mai (N=2276), noe som indikerer en noe tidligere utvandring i Daleelva disse to årene.

I 2018 ble det også gjennomført undersøkelser av smoltutvandringen med smoltskrue i **Mandalselva** (PO1) og med en større smoltfelle i **Eira** (Eresfjorden, PO4). I Mandalselva var tidspunkt for 25 % utvandring i 2018 om lag en uke senere (11. mai) enn median for perioden 2004-2018 (5. mai) (Forseth mfl. 2019). I Eira var tidspunkt for 25 % utvandring i 2018 (10. mai) om lag det samme som medianen for perioden 2001-2018 (12. mai) (Bremset mfl. 2019). Tidspunkt for 50 % akkumulert fangst i Eira var imidlertid tidligere i 2018 enn i mange andre år, men dette målet på utvandring er noe usikkert i Eira fordi fella stenges i kortere perioder hvert år i forbindelse med utsettinger av klekkerismolt i vassdraget.

Vurdering

De dataene vi har på utvandring i 2019 fra vassdrag med flere års data på smoltutvandring kan tyde på at utvandringen av laksesmolt dette året var noe tidligere enn i 2018 i Guddalselva, Etne, Eio, Vosso, og Vigda, mens utvandringen i Imsa og Daleelva i Vaksdal foregikk på samme tid disse to årene. Tidspunkt for utvandring i 2019 i Imsa, Guddalselva og Vosso, vassdrag med lengre tidsserier, var nær langtidsmedianen for 25 % utvandring, mens Daleelva i Vaksdal hadde en tidligere utvandring enn i mange tidligere år. I Uskedalselva, Oselva, Granvin og Eio i Hardanger var det en tidlig topp i utvandring i slutten av april. Selv om vi mangler mange års referansedata fra disse elvene tyder resultatene på at det var en tidlig start i utvandringen i flere elver i Hardanger i 2019. Både i Eio og Granvin var utvandringen relativt langstrakt og det vandret smolt i om lag 40 dager i begge disse elvene.

Meteorologiske data fra 2019 (lufttemperatur) viser at det var en godt over gjennomsnittet varm siste halvdel av april på Vestlandet og i Midt Norge som ga vannføringsøkninger (smelteflom) i slutten av april i mange vassdrag. I vassdrag hvor økning i vannføring er viktig for å utløse utvandring kan dette ha gitt en tidlig topp i utvandring. Det er knyttet usikkerhet til om slike relativt tidlige vannføringstopper utløser betydelig smoltutvandring fordi smolten også må være fysiologisk klar til å vandre for at vandring skal kunne skje i stort omfang. Data fra Guddalselva, Etne og Vosso i 2019 tyder ikke på at økningen i vannføring i slutten av april utløste noen

betydelig utvandring i disse vassdragene, men data fra Uskedalselva, Granvin, Eio og Oselva tyder på det motsatte.

For resten av landet foreligger det ikke utvandringsdata fra 2019 foreløpig bortsett fra i Vigda i Trondheimsfjorden hvor utvandringen var senere enn i 2018 og også senere enn forventet normalutvandring i trafikklyssystemet. Det foreligger bare tre års data på utvandring fra denne elva slik at det ikke er mulig å bruke utvandringsdata herfra til å si noe generelt om utvandringen i dette området. I Trondheimsfjorden ble det gjort gode fangster av laksesmolt ved tråling i alle uker i perioden uke 19-24 (ca. 6. mai-14. juni; Nilsen mfl. 2019) og dette tyder på at det har vært utvandring av smolt i hele mai i elver fra Trondheimsfjorden.

For 2018 spriker dataene en god del slik at det er vanskelig å dra noen klar konklusjon, men starten på utvandringen (vurdert ut fra 25 % akkumulert fangst) var jevnt over en uke senere i 2018 enn i 2019 i vassdrag med sammenliknbare data. Utvandringen synes å ha vært senere enn «normalt» i Vosso og til dels i Etne og i Mandalselva, men ikke i samme grad i Daleelva i Vaksdal og i Eira.

De utvandringstidspunktene som er registrert med akustisk telemetri i Nordfjord (Stryneelva og Eidselva) i 2018 er i store trekk samsvarende med hva vi har foreslått som normal utvandringsperiode for disse elvene i trafikklyssystemet. Resultatene fra disse to elvene tyder imidlertid på en mer konsentrert utvandring enn det vi har foreslått. Forløpene for utvandring som framkommer med akustisk telemetri er imidlertid basert på få fisk (vanligvis godt under 100 individer detektert) slik at det er usikkert hvor representative slike data er med hensyn til å fange opp det totale forløpet av utvandringen fra et vassdrag. For elvene i Hardanger spriker resultatene mer mellom våre ekspertvurderinger og de observerte dataene, spesielt for Oselva og Eio. Her er det imidlertid usikkerhet knyttet til representativiteten av telemetridataene i 2018 fordi det bare ble merket fisk nedstrøms innsjøene i disse tre vassdragene, som alle trolig har en ikke ubetydelig smoltproduksjon oppstrøms innsjøene.

Konklusjon:

Utvandringsdata fra et fåtall elver i 2019 tilsier at det var en tidlig start på utvandringen i vassdrag i Hardangerfjorden dette året, med en første utvandringstopp i slutten av april, noe som kan være tidligere enn «normalt». Utvandringen i vassdrag som Granvin og Eio foregikk i om lag 40 dager og utvandringen i Uskedalselva varte i 33 dager. En tidlig utvandringstopp ga altså ikke særlig avvikende resultater med hensyn til forventet lengde på utvandringsperioden. Data fra Guddalselva, Etne og Vosso i 2019 tyder ikke på at økningen i vannføring i slutten av april utløste noen betydelig utvandring i disse vassdragene som hadde utvandringstidspunkter som ikke avvek mye fra langtidsmedianer.

For 2018 spriker dataene en god del slik at det er vanskelig å dra noen klar konklusjon, men starten på utvandringen (vurdert ut fra 25 % akkumulert fangst) var jevnt over 1-1,5 uke senere i 2018 enn i 2019 i vassdrag med sammenliknbare data. Utvandringen synes å ha vært senere enn «normalt» i Vosso og til dels i Etne og i Mandalselva, men ikke i samme grad i Daleelva i Vaksdal og i Eira.

Resultater fra modelleringsarbeidet og undersøkelser i enkelte vassdrag tyder på at ulike metoder for registrering kan gi systematiske forskjeller i tidspunkt og forløp for utvandring. Det er behov for flere sammenliknende studier hvor ulike metoder benyttes i samme vassdrag.

Det er generelt sparsomt med data på utvandringstidspunkter for laksesmolt fra elver i PO5-PO6 de siste årene, og vi mangler data på utvandring av laksesmolt nord for Trondheimsfjorden de siste årene. Det er derfor usikkerhet knyttet til utvandringstidspunkter fra og med PO5 og nordover og spesielt stor usikkerhet for de nordlige delene av Trøndelag (PO7) og for hele Nord-Norge (PO8-PO13).

Referanser

- Barlaup, B. T., Rund, H., Normann, E. S., Stranzl, S., Mahlum, S., & Vollset, K. W. 2018. Out of sync: monitoring the time of sea entry of wild and hatchery salmon *Salmo salar* smolt using floating passive-integrated transponder antennae. *Journal of Fish Biology*, 93(3), 455-464.
- Berg, M., Finstad, B., Solem, Ø., Berntsen, H.H., Kvingedal, E. & Fiske, P. 2019. Framdriftsrapport sjøoverlevelsesovervåking av laksefisk 2018. NINA Prosjektnotat XX. 46 s. (under utarbeidelse).
- Bremset, G., Jensås, J.G., Berg, M., Havn, T.B., Bækkelie, K.A.E., Ulvan, E.M. & Jensen, A.J. 2019. Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget. Sluttrapport fra undersøkelsene i perioden 2014-2018. NINA Rapport 1585. 80 s.
- Byrne, C. J., Poole, R., Rogan, G., Dillane, M. & Whelan, K. F. 2003. Temporal and environmental influences on the variation in Atlantic salmon smolt migration in the Burrishoole system 1970-2000. *Journal of Fish Biology* 63: 1552-1564.
- Byrne, C. J., Poole, R., Dillane, A., Rogan, G. & Whelan, K. F. 2004. Temporal and environmental influences on the variation in sea trout (*Salmo trutta* L.) smolt migration in the Burrishoole system in the west of Ireland from 1971 to 2000. *Fisheries Research* 66: 85-94.
- Forseth, T., Fjeldstad, H-P., Gabrielsen, S-E., Skår, B., Lamberg, A., Hedger, R., Kvingedal, E. & Havn, T. 2019. Miljødesign Mandalselva - samlet tiltaksplan og oppsummering. NINA Rapport 1691 (under publisering).
- Haraldstad, T., Kroglund, F., Kristensen, T., Jonsson, B. & Haugen, T.O. 2017. Diel migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) smolts: an assessment of environmental cues. *Ecology of Freshwater Fish* 26: 541-551.
- Haugen, T.O., Urke, H.A. & Kristensen, T. 2019. Vandringsmønster hjå laksesmolt frå Stryneelva og Eidselva i 2018. MINA fagrapport 61. 37 s.
- Hvidsten, N. A., Heggberget, T. G. & Jensen, A. J. 1998. Sea water temperature at Atlantic salmon smolt entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research* 74: 79-86.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T. G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research* 70: 38-48.
- Isaksen, T.E., Barlaup, B.T., Avlesen, H., Skoglund, H., Bye-Ingebrigtsen, E. & Vollset, K.W. 2019. Strøm- og temperaturforhold i Evangervatnet under smoltutgangen 2018. NORCE Norwegian Research Centre Miljø. LFI-rapport nr. 330. 69 s.
- Jonsson, N. 1991. Aspects of migration and spawning in salmonids. Dr philos Thesis, University of Trondheim.

- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2009. Migratory timing, marine survival and growth of anadromous brown trout *Salmo trutta* in the River Imsa, Norway. *Journal of Fish Biology* 74: 621-638.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2014. Time and size at seaward migration influence the sea survival of *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology* 84: 1457-1473.
- Jonsson, B. & Ruud-Hansen, J. 1985. Water temperature as the primary influence on timing of seaward migrations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42: 593-595.
- Jutila, E., Jokikokko, E. & Julkunen, M. 2005. The smolt run and postsmolt survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to early summer water temperatures in the northern Baltic Sea. *Ecology of Freshwater Fish* 14: 69-78.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O. & Svåsand, T. (red.). 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen 14-2016. 139 s.
- Kristensen, T, Urke, H.A., Haugen, T.O. & Alfredsen, J.A. 2019. Vandringsmønsteret til laks og sjøørret i PO3 + PO4, fokus på elvene Eio, Granvin, Os + Stryn og Eid. Presentasjon gitt i møte om Salmon Tracking 2020 i Bergen 11. september 2019.
- Lamberg, A. 2019a. Videoovervåking av laks og sjøørret i Granvinsvassdraget i 2018. SNA-rapport 14/2019. 61 s.
- Lamberg, A. 2019b. Videoovervåking av laks og sjøørret i Mundheimselva i 2018. SNA-rapport 13/2019. 41 s.
- Lamberg, A. 2019c. Bestandsutvikling for laks og sjøørret i PO3: status 2018. Presentasjon gitt i møte om Salmon Tracking 2020 i Bergen 11. september 2019.
- Lamberg, A., Gjertsen, V., Strand, R., Bjørnbet, S. & Kanstad Hanssen, Ø. 2014. Videoovervåking av laks og sjøørret i Roksdalsvassdraget på Andøya i 2013. oppsummering av overvåkingsperioden 2005-2013. Skandinavisk naturovervåking AS, SNA-rapport, 31 s.
- Lamberg, A., Gjertsen, V., Bjørnbet, S., Strand, R. & Kanstad Hanssen, Ø. 2015. Overvåking av laks, sjøørret og sjørøye i Lakselva på Senja i 2013. Skandinavisk naturovervåking AS, SNA-Rapport 03/2015, 57 s.
- McCormick, S. D., Shrimton, J. M., Moriyama, S. & Björnsson, B. T. 2002. Effects of an advanced temperature cycle on smolt development and endocrinology indicate that temperature is not a zeitgeber for smolting in Atlantic salmon. *Journal of Experimental Biology* 205: 3553-3560.
- Orell, P., Erkinaro, J., Svenning, M. A., Davidsen, J. G. & Niemelä, E. 2007. Synchrony in the downstream migration of smolts and upstream migration of adult Atlantic salmon in the subarctic River Utsjoki. *Journal of Fish Biology* 71: 1735-1750.
- Otero, J., og 39 medforfattere 2014. Basin-scale phenology and effects of climate variability on global timing of initial seaward migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Global Change Biology* 20: 61-75.
- Skoglund, H., Skår, B., Gabrielsen, S. E & Barlaup, B. T. 2018. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget - Årsrapport for 2017. LFI rapport 305.
- Skoglund, H., Skår, B., Gabrielsen, S. E & Barlaup, B. T. 2019. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget - Statusrapport 2018. LFI rapport 337.

- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.E., Lehmann G.B., Halvorsen, G.A., Wiers, T., Skår, B., Pulg. U., Vollset, K.W. 2012. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget - Sluttrapport for perioden 2004-2011. LFI Uni Miljø, rapport nr 203.
- Ugedal, O., Berg, M., Bongard, T., Bremset, G., Kvingedal, E., Diserud, O. H., Jensås, J. G., Johnsen, B. O., Hvidsten, N. A. & Østborg, G. M. 2014a. Ferskvannsbiologiske undersøkelser i Surna. Sluttrapport for perioden 2009-2013. NINA Rapport, 129 s.
- Ugedal, O., Kroglund, F., Barlaup, B. & Lamberg, A. 2014b. Smolt - en kunnskapsoppsummering. Miljødirektoratet, Rapport M136-2014. 128 s.
- Urke, H. A., Ulvund, J. B., Nilsen, T. O., Staalstrøm, A. og Kristensen, T. 2014. Vandringsåtferd og smoltifisering hjå laksesmolt frå Lærdalselvi—opphaldstid i ytre delar av Sognefjorden. INAQ rapport. 35 s.
- Urke, H.A., Haugen, T.O., Kjærstad, G., Alfredsen, J.A. & Kristensen, T. 2018. Laks- og aurebestanden i Strynevassdraget; vandringsmønsteret hjå laksesmolt og aure, ungfiskproduksjon og botndyr. MINA fagrapport 48. 56 s.
- Urke, H.A., Bjerck, H. B., Kristensen, T., Alfredsen, J.A. & Haugen, T.O. 2019. Laksesmolt frå Oselva, Granvinsvassdraget og Eio 2018 - utvandringstidspunkt frå elv og fjordvandring. INAQ Rapport 1528-1.
- Veselov, A. J., Sysoyeva, M. I. & Potutkin, A. G. 1998. The pattern of Atlantic salmon smolt migration in the Varzuga River (White Sea Basin). *Nordic Journal of Freshwater Research* 74: 65-78.
- Vollset, K. W., Barlaup, B. T., Mahlum, S., Bjørn, P. A., & Skilbrei, O. T. 2016. 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.
- Whalen, K. G., Parrish, D. L., & McCormick, S. D. 1999. Migration timing of Atlantic salmon smolts relative to environmental and physiological factors. *Transactions of the American Fisheries Society*, 128: 289–301.
- Zydlewski, G. B., Haro, A. & McCormick, S. D. 2005. Evidence for cumulative temperature as an initiating and terminating factor in downstream migratory behavior of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 68-78.
- Østerdahl, L. 1969. The smolt run of a small Swedish river. In *Salmon and trout in streams* (Northcote, T. G., red.), s. 205-215. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries, University of British Columbia.