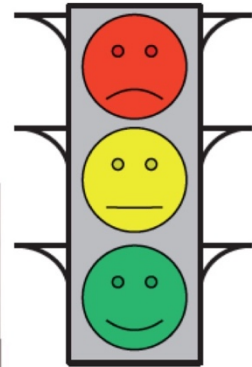
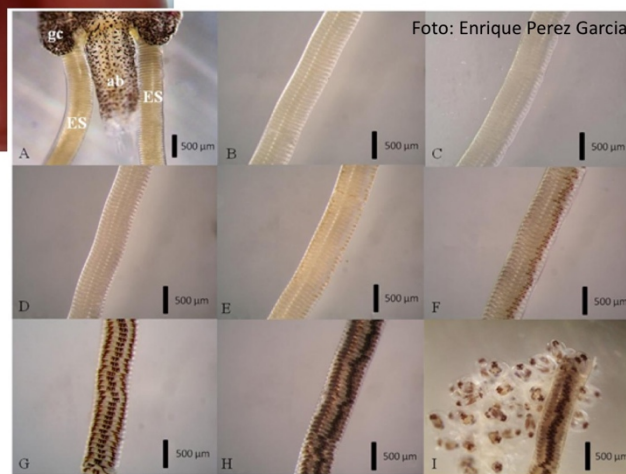


## Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde



*Ekspertgruppens leder og redaktør:*

**Frank Nilsen**, Professor ved Universitetet i Bergen

*Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):*

**Ingrid Ellingsen**, Seniorforsker ved SINTEF Ocean AS

**Bengt Finstad**, Seniorforsker ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA)

**Peder A. Jansen**, Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)

**Ørjan Karlsen**, Forsker ved Havforskningsinstituttet (HI)

**Anja B. Kristoffersen**, Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)

**Anne D. Sandvik**, Forsker ved Havforskningsinstituttet (HI)

**Harald Sægrov**, Forsker ved Rådgivende Biologer AS

**Ola Ugedal**, Seniorforsker ved Norsk Institutt for Naturforskning (NINA)

**Knut W. Vollset**, Forsker ved Uni Research Miljø

*Ekspertgruppens sekretær:*

**Mari S. Myksvoll**, Forsker ved Havforskningsinstituttet (HI)

## Innholdsfortegnelse

<b>Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde</b>	<b>1</b>
1. <i>Bakgrunn og mandat</i>	3
<i>Oppgaver for ekspertgruppen:</i>	3
2. <i>Metodebeskrivelse og datagrunnlag</i>	4
2.1. Nauplieproduksjon	5
2.2. Eggproduksjon per biomasse	5
2.3. Havforskningsinstituttets (HI) modellvurdering	6
2.4. Veterinærinstituttets (VI) modellvurdering	7
2.5. SINTEFs modellvurdering	7
2.6. Overvåkingsdata	7
3. <i>Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen</i>	8
3.1. Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk	8
3.2. Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus	9
3.3. Grunnleggende forskjeller i migrasjonsatferd mellom laksefisk	10
3.4. Mellomårlig variasjon og sesongutvikling	10
3.5. Usikkerhet i kildeleddet	11
3.6. Dødelighet i pelagiske stadier	11
3.7. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering	12
3.8. Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering	12
3.9. Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere	13
3.10. Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt	13
3.11. Skjevheter i fangst av laksefisk med ruse og garn	13
3.12. Vaktbur	14
3.13. Tråling	14
4. <i>Vurdering av status i produksjonsområdene</i>	16
Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren	17
Produksjonsområde 2: Ryfylke	17
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	18
Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt	19
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	20
Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag	21
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	22
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø	22
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	23
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	23
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	23
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	24
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	24
5. <i>Konklusjoner</i>	24
6. <i>Veien videre</i>	25
6.1. Grenseverdiene bør oppdateres	25
6.2. Utvandningsruter og tidspunkt	25
6.3. Utvikling og validering av smoltmodeller	25
7. <i>Litteratur</i>	26
8. <i>Appendiks</i>	27
Appendiks I Definisjoner og begrep	
Appendiks II Vassdragsoversikt og utvandringstidspunkt NINA	
Appendiks III Fysisk miljø HI	
Appendiks IV Hydrodynamisk spredningsmodellering HI	
Appendiks V Smittepresskart HI	
Appendiks VI Virtuell smolt HI	
Appendiks VII Produksjon av lakselus i oppdrett VI	
Appendiks VIII Modellering SINTEF	
Appendiks IX Fangst og gjenfangst Rådgivende Biologer AS	

## 1. Bakgrunn og mandat

I produksjonsområdeforskriften (2017) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal ha tillatte i oppdrettsanlegg. Disse produksjonsområdene er blant annet basert på minst mulig smitte av lakselus mellom områdene (Ådlansvik, 2015). Stortingsmeldingen Mld. St. 16 (2014-2015) legger til grunn at status innen hvert produksjonsområde skal i førsteomgang *kun* være basert på effekt av lakselus på vill laksefisk, det vil si økt dødelighet på utvandrende postsmolt laks, førstegangsutvandrende postsmolt sjørret og sjørøye, og på beitende sjørret og sjørøye som en konsekvens av smitte av lakselus fra oppdrettsanlegg. Andre bærekraftsindikatorer skal eventuelt tillegges vekt i fremtidige arbeid.

Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) har i brev av 19. desember 2016 bedt om at Havforskningsinstituttet (HI), Veterinærinstituttet (VI) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) oppnevner og etablerer en styringsgruppe for vurdering av lusepåvirkning. Styringsgruppen blir bedt om å opprette en ekspertgruppe for å evaluere lusepåvirkning fra oppdrett på villfisk. I mandatet til ekspertgruppen heter det: «Ekspertgruppen for vurdering av lusepåvirkning skal gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap for å gi en beskrivelse av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Hovedvekten skal i 2017 legges på villaks. Ekspertgruppens arbeid skal bygge på dokumenterte data og resultater fra relevante forsknings-, overvåkings- og utviklingsprosjekter. Det skal spesielt redegjøres for usikkerheter i vurderinger, og dette skal angis for hver enkelt måleparameter».

I mandatet spesifiseres det at ekspertgruppen skal gi en vurdering av «lakselusindusert villfiskdødelighet» i hvert av de 13 produksjonsområdene, og at dødeligheten skal baseres på dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg. Dette krever en klargjøring av ekspertgruppens tolkning av begrep (for eksempel populasjon) som blir brukt i rapporten. En mer detaljert diskusjon av disse begrepene og ekspertgruppens tolkninger er derfor gitt i appendiks I.

*Ekspertgruppen skal altså gjøre en overordnet analyse av lakseluspåvirkning i de ulike produksjonsområdene på basis av all tilgjengelig kunnskap. Publiserte vitenskapelige artikler og offentlige rapporter er sitert der det er relevant. I tillegg har man benyttet seg av resultater fra preliminnære rapporter og disse er lagt ved i appendiks og sitert i teksten. Forfatterne av de preliminnære rapportene som er lagt ved som appendiks er ansvarlige for innholdet, ikke ekspertgruppen. Det vil være svært viktig at de preliminnære rapportene blir publisert, og spesielt at metodene og modellene som benyttes blir publisert i internasjonale tidsskrifter.*

*Ekspertgruppen er samstemt i alle konklusjoner og i vurdering av usikkerheter for de ulike produksjonsmetodene. Siden rapporten i all hovedsak er basert på 2016 data og flere av metodene som er benyttet i beregningen av smolt dødelighet er helt nye, må rapporten ansees som ett utkast til den endelige rapporten som vil foreligge i september 2017 og vil inkludere data fra både 2016 og 2017.*

### Mandatet og kommentarer til mandatet

#### **Oppgaver for ekspertgruppen:**

*Ekspertgruppen for vurdering av lusepåvirkning skal gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap for å gi en beskrivelse av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Hovedvekten skal i 2017 legges på villaks.*

*Ekspertgruppens arbeid skal bygge på dokumenterte data og resultater fra relevante forsknings-, overvåknings- og utviklingsprosjekter. Det skal spesielt redegjøres for usikkerheter i vurderinger, og dette skal angis for hver enkelt måleparameter*

*I mandatet fra styringsgruppen står det hva som forventes i rapporten:*

- *En oversikt over modeller og overvåkningsdata som inngår i analysen*
- *En beskrevet måte for å sammenstille modeller og overvåkningsdata til ett enhetlig bilde som kan brukes til å gi produksjonsområdene farge*
- *En kvantifisering og vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet innen de ulike NFDs produksjonsområder basert på tilgjengelige data om lakselus produsert i oppdrettsanlegg, lakseluspåslag på villfisk (fra overvåkningsprogram), artenes og populasjonenes atferd, og de ulike vassdragenes bidrag til den marine andelen av arten.*
- *Vurderingene skal baseres på den dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg.*
- *Vurderingene av lakselusindusert dødelighet skal baseres på data fra 2016.*
- *Gi anbefaling til styringsgruppen om andre relevante forhold for handlingsregelen for vekst i oppdrettsnæringa (Trafikklyssystemet).*

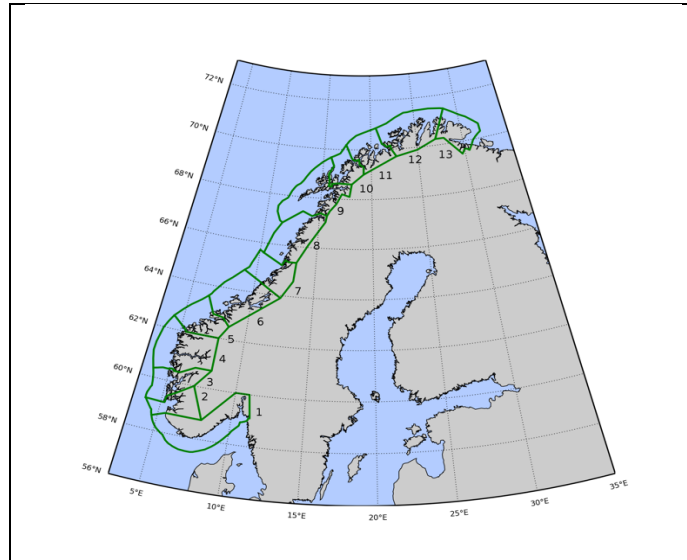
Ekspertgruppen har gitt en beskrivelse av lakselusindusert dødelighet i de ulike produksjonsområdene basert på all tilgjengelig kunnskap.

Vurdering av usikkerheter har vært en viktig del av arbeidet i ekspertgruppen og i mandatet ønskes en vurdering av usikkerheten for hver enkelt måleparameter. Usikkerheter og forutsetninger for vurderingene er nøye vurdert og beskrevet i rapporten (f.eks. kapitel 3 og i vurdering av de enkelte produksjonsområdene). For noen parameter er det store mangler i dagens kunnskap (f.eks. er utvandringstidspunkt og utvandningsrute for de fleste elver ukjent). I tillegg er det i 2016 tråldata kun fra 2 fjordsystemer og det er ikke kjent hvilken elv trålfanget smolt kommer fra. Dette er forhold som gjør det svært usikkert å beregne lakselusindusert smolt dødelighet for hver enkelt elv, på det nåværende tidspunkt. Nye modellverktøy er utviklet for å gjøre slike beregninger men det er etter ekspertgruppen sitt syn for tidlig å presentere disse modellresultatene på elvenivå før man har bedre overvåkningsdata (f.eks. tråldata fra flere fjordsystemer der fanget smolt er sporet til elv) som kan gi grunnlag for å kvantifisere usikkerhetene i modellene.

## **2. Metodebeskrivelse og datagrunnlag**

Ved hjelp av spredningsmodellering har Havforskningsinstituttet beregnet potensiell smittedose mellom alle anlegg langs hele norskekysten (Ådlandsvik, 2015). Graden av utveksling mellom anleggene (konnektivitet) er lagt til grunn for naturlige klynger av anlegg. Klyngene, som danner grunnlaget for produksjonsområdene, er da konstruert slik at anleggene innenfor området har større utveksling seg i mellom enn anlegg mellom områder. I det opprinnelige forslaget ble kysten delt inn i 11 produksjonsområder, mens det i den endelige produksjonsområdeforskriften ble vedtatt 13 produksjonsområder (figur 1). Hovedforskjellen er at det sørligste og det nordligste området er delt i to.





**Figur 1.** Inndeling av kysten i 13 produksjonsområder

For å kunne svare på bestillingen om å gi en vurdering av status i alle produksjonsområdene, har ekspertgruppen valgt å inkludere all informasjon gruppen anser relevant (tabell 2), men verdien av denne informasjonen er vurdert fortløpende da usikkerhetene og dekningsgraden varierer betydelig mellom de ulike produksjonsområdene. I den følgende teksten lister vi opp alle kategorier av informasjon som ekspertgruppen har tatt hensyn til i sin vurdering av hver produksjonsområde. I teksten i hovedrapporten er det kun gitt en kort beskrivelse av disse dataene. For mer detaljert beskrivelse henviser vi til vedlagte appendiks for hver av de forskjellige kategoriene av informasjon.

## 2.1. Nauplieproduksjon

Antall nyklekte nauplier er beregnet på bakgrunn av innrapporteringer fra anleggene om: 1) antall voksne hunn/lus/fisk, 2) antall fisk og 3) vanntemperatur i 3m dyp, samt parametere gitt i Stien mfl. (2005). Appendiks IV Hydrodynamisk spredningsmodellering inneholder figurer som viser antall klekte egg per måned, for årene 2012 – 2016. Det er som forventet stor variasjon mellom de ulike områdene og figurene brukes først og fremst til å se på mellomårlig variasjon innen de ulike produksjonsområdene.

## 2.2. Eggproduksjon per biomasse

Disse tallene fremkommer ved først å summere rapportert månedlig antall fisk multiplisert med gjennomsnittsvekt, og dele på 12, for alle anlegg innen hvert produksjonsområde for hele 2016. Dette tallet uttrykker gjennomsnittlig stående biomasse for produksjonsområdene. Dernest ble produksjon av lakselus-egg for hver dag og alle aktive oppdrettsanlegg innen hvert produksjonsområde, beregnet for 2016. Eggproduksjonen ble beregnet i henhold til Stien mfl. (2005) på samme måte som nauplieproduksjonen. Til slutt ble eggproduksjonen delt på gjennomsnittlig stående biomasse. Enhetene for beregningene er egg i millioner per gjennomsnittlig biomasse i tonn innen produksjonsområdene. Denne variabelen må sees på som et relativt mål på produksjon av lus og indikerer i hvor stor grad oppdretterne i forskjellige områder greier å regulere og holde luseproduksjonen lav. Vår antagelse er at i områder med høy lokal tetthet vil også luseproduksjonen være høyere på grunn av høyere

lokalt smittepress, og dette vil reflekteres i denne enkle variabelen. Variabelen brukes til å sammenligne områder relativt til hverandre og deles opp i tre kategorier i forhold til naturlig oppdeling av dataene. Vi har definert disse som lav ( $<0,60$ ), moderat ( $0,6-1,0$ ), høy ( $>1,0$ ) selv om det ikke er slik at vi vet at lav eller høy kategori sier noe om at smitten til villfisk vil være høy eller lav.

### 2.3. Havforskningsinstituttets (HI) modellvurdering

Etter at naupliene er klekket ut i vannmassene opplever de temperatur, saltholdighet og strøm i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om biologi, atferd og dødelighet blir det beregnet hvordan lusene sprer seg i vannmassene, først som ikke-smittsomme nauplier og videre som smittsomme kopepoditter. Sluttproduktet er tetthet (antall per kvadratmeter) av smittsomme kopepoditter langs hele kysten en gang i timen. Kopepodittetthetskart (figur 7 i Appendiks IV) viser stor variasjon i tid og rom, med en klar tendens til oppsamling langs land, og i fronter og virvler. Det er også en kraftig økning utover våren/forsommeren (figur 6 i Appendiks IV).

Kopepodittetthetskartene gir et godt bilde på relative forskjeller innen et område, men kan være vanskelig å tolke i forhold til hvor og når lusemengden er så stor at den vil gjøre skade på de ville laksefiskene. Havforskningsinstituttet har derfor utarbeidet **to** avledede produkter som er en **tolkning** av kopepodittkonsentrasjonen. Det ene avledede produktet er *smittepresskart* der konsentrasjonen av kopepoditter er kalibrert mot lusedata observert på kultivert laksesmolt som har stått 2-3 uker i vaktbur i sjøen, beskrevet i Sandvik mfl. (2016) og Appendiks V. Det andre produktet er *virtuell smoltutvandring* der konsentrasjonen av kopepoditter er kalibrert mot lusedata observert på vill laksesmolt som er fanget med trål, som beskrevet i Appendiks VI.

#### *Kolonne: HI smittepress*

Havforskningsinstituttet sitt smittepress skal tolkes som at den villfisken som oppholder seg i områder med høyt smittepress i hele den angitte perioden smittepresskartet gjelder for, mest sannsynlig vil få på seg mer enn 10 lus, mens fisk som oppholder seg i område med lavt smittepress vil få på seg mindre enn en lus. I områder med middels smittepress vil den ville laksefisken få på seg mellom 1 og 10 lus.

Metoden for hvordan vi kommer fra horisontale smittepresskart til den integrerte verdien (rom og tid) i kolonne "HI smittepress" er beskrevet i Appendiks V. Verdien i kolonnen "HI smittepress" er satt på bakgrunn av en samlet vurdering: horisontalt smittepresskart, tidsutvikling og estimert dødelighet for hele området rundt datoene som er satt som den mest sannsynlige for smoltutvandringen.

#### *Kolonne: Virtuell smoltutvandring*

For å tallfeste hvor mange kopepoditter en postsmolt laks som svømmer gjennom den variable lusekonsentrasjonen får på seg, har vi laget en vandringsmodell som følger postsmolten fra elv til hav. Videre er antall lus på den virtuelle smolten kalibrert mot antall lus på trålfanget smolt. For å beregne dødelighet har man så benyttet terskelverdiene i tabell 1 (se under). Det er regnet ut en dødelighet for hver elv i produksjonsområdene. Den estimerte dødeligheten i de ulike elvene er brukt til å anslå om området som helhet har lav, middels eller høy dødelighet. En detaljert beskrivelse av metoden og resultat er gitt i Appendiks VI.

## 2.4. Veterinærinstituttets (VI) modellvurdering

Veterinærinstituttets modellvurdering er basert på modellerte påslag av lakselus, og beregninger av prosentvis dødelighet som følge av påslagene, for alle lakseførende vassdrag i produksjonsområdene. Påslagene er påvirket av beregnet vandringsrute for fisk fra gitte vassdrag, vandringshastighet og smittepress justert i tid til angivelse av midlere utvandring av laksesmolt (50% utvandring; NINA vassdragsdata) for hvert vassdrag. Detaljert beskrivelse av beregningene er gitt i Appendiks VII. Det er lagt vekt både på beregnet forventet dødelighet og på et verste scenario der påslaget er justert etter tilfeldige effekter fra påslagsmodellen (Appendiks VII). Beregnet dødelighet på mindre enn 10% er vurdert til lav sannsynlighet for påvirkning, 10 - 30% til moderat sannsynlighet påvirkning og mer enn 30% til høy sannsynlighet for påvirkning av lakselus på dødelighet av vill laksesmolt.

## 2.5. SINTEFs modellvurdering

Modellsystemet SINMOD inkluderer en konsentrasjonsbasert modell for pelagisk utvikling av lakselus og en modell for utvandring av postsmolt (se Appendiks VIII for mer informasjon). Spredning av luselarvene vil i dette systemet være avhengig av strøm og vertikal atferd. Utvikling fra nauplier til smittsomme kopepoditter er videre avhengig av temperatur. Utvandring av postsmolt er modellert som partikler som svømmer med strømmen ut av fjordsystemet, og påslag av lus er beregnet ut fra konsentrasjonsfeltet av smittsomme kopepoditter. Bidraget til SINTEF i denne rapporten er en vurdering av Romsdalsfjorden i område 5. Spredningskart av smittsomme kopepoditter og dødelighet beregnet ut i fra påslag på lus for postsmolt fra alle vassdragene ligger til grunn for vurderingen.

## 2.6. Overvåkingsdata

I overvåkingsprogrammet brukes primært tre metoder for å kartlegge smittepresset på vill laksefisk; ruser og garn, vaktbur og tråling (Nilsen mfl. 2017). I kolonnen Sjørret rusefangst deles effekten inn i tre kategorier, høy, moderat og lav som referer til risiko for økt lakselusindusert dødelighet på >30%, 10-30% og < 10%. Vurderingen er basert på data innhentet fra garn og rusefangst i de ulike regionene. I disse undersøkelsene fanges det vill laksefisk hvor lus telles, og basert på tabellene (tabell 1) beregnes risiko før lakselusindusert dødelighet for hver av stasjonene. I tillegg innhentes påslagsdata fra vaktbur i enkelte fjorder (i 2016 Hardanger, Romsdal, Trondheimsfjorden og Namsen/Vika).

Det er i 2016 foretatt prøvafiske i alle produksjonsområdene. De undersøkte stasjonene er innen ett produksjonsområde delvis valgt ut i fra at den hydrodynamiske smitte modellen har indikert at dette er områder hvor det vil kunne utvikle seg høyere tetthet av smittsomme kopepoditter, og dette er da verifisert. Oftest er det også valgt områder med lav tetthet. Andre steder er stasjonene undersøkt for blant annet å opprettholde tidsseriene. Stasjonene er derfor ofte ikke tilfeldig valgt, og resultatene må tolkes sammen med tetthet av kopepoditter fra den hydrodynamiske smitte modellen. For å vurdere status basert på garn og rusefangst er derfor andelen av området som har høy tetthet av kopepoditter vurdert sammen med når og hvor denne tettheten er. Eksempelvis anses det mer problematisk med høy tetthet i ytre deler av fjorder enn indre da all fisken i fjorden må passere det ytre området, og høye tettheter under smoltutvandringen anses som mer problematisk enn senere. Vaktbur er brukt for ytterligere å forstå og verifisere fordelingen av kopepoditter. Det har også vært trålt etter utvandrende postsmolt av laks i Hardanger og Trondheimsfjorden. I tabell 2 er de ulike fangststasjonene i

periode 1 delt inn i 3 kategorier (lav, moderat og høy), og gjennomsnittet er beregnet og vist i tabellen under sjørret rusefangst kolonnen.

### 3. Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen

#### 3.1. Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

En kunnskapsstatus av lakselusas effekter på ville laksefiskbestander er beskrevet i Karlsen mfl. (2016). Og vi har tatt utgangspunkt i denne for å evaluere effekten av lus på sjøoverlevelsen til villaks. I rapporten er det lagt stor vekt på laboratorium forsøk som forsøker å kvantifisere terskelverdier for belastning av lakselus på postsmolt av laks. Målsetningen med disse forsøkene har vært å fastslå hvor stor intensiteten må være for at lakselus forårsaker direkte dødelighet eller andre negative effekter på sin vert. Det er foretatt en gjennomgang av hvordan lakselusa fysiologisk sett påvirker sin vert og hvilke parametere luseinfeksjoner påvirker i eksperimentelle studier. Samlet sett danner dette kunnskapsgrunnlaget for fastsetting av nåværende grenseverdier i forvaltningen av våre villfiskbestander med hensyn til luseinfestasjoner.

Basert på best tilgjengelig kunnskap er det i Taranger mfl. (2012) foreslått følgende beregningsmåte for luseindeks på laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørret og sjørøye < 150 g (tabell 1):

**Tabell 1.** Skjema for beregning av luseindeks for antatte effekter av lakselus på utvandrende laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørret og sjørøye <150 g: Samplet deles prosentvis inn i infeksjonsgrupper med antatt forskjellig effekt på individ. Summen av alle gruppene gir estimert bestandsreduksjon (%), og klassifiseres så i henhold til Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning VRLs-definisjoner av liten (< 10 %), moderat (10-30 %) og stor (> 30 %) reduksjon i gytebestandsmål. Inndeling i infeksjonsgrupper og forventet dødelighet må regelmessig revurderes når ny kunnskap tilsier det. Verdier fylles inn og gir en estimert bestandsreduksjon ut fra andel av populasjon i hver infeksjonsgruppe.

Infeksjonsgruppe (antall lus/fiskevekt)	Andel av populasjon (%)	Forventet dødelighet	Indeks
< 0,1		0 %	
0,1 - 0,2		20 %	
0,2 - 0,3		50 %	
> 0,3		100 %	

Det er også etablert en tabell for sjørret som har noe andre verdier (se appendiks I), men vi har hatt hovedfokus på laks i denne vurderingen og har hovedsakelig brukt disse grenseverdiene.

Det ble av ekspertgruppen relativt tidlig påpekt at denne tabellen bør gjennomgås og evalueres på nytt. Dette er både av hensyn til at den er meget avgjørende for estimatene av lakselusindusert dødelighet og fordi ekspertgruppen har påpekt svakheter med metodikken for å komme fram til grenseverdiene. For eksempel, i enkelte laboratorieforsøk er beregningene av luseindusert dødelighet benyttet på alle stadier av lus (fastsittende og bevegelige) mens i

andre forsøk er disse verdiene basert kun på de fastsittende stadiene. Vi vet at dødeligheten av lus fra fastsittende stadier til bevegelige stadier er anslagsvis 30-40%, slik at denne dødeligheten må hensyntas i kommende forsøk og beregninger. Et eksempel på dette er at man hos rusefanget laksefisk (hovedsakelig sjøørret) bruker alle disse stadiene i beregningene for luseindusert dødelighet mens man hos postsmolt av laks tatt i trål hovedsakelig foretar disse beregningene ut fra de fastsittende stadiene. I dette tilfellet kan sannsynligvis lusemengden på postsmolten være et overestimat sammenlignet med beregninger der man bruker alle lusestadiene til å beregne luseindusert dødelighet. Det har derimot ikke vært ekspertgruppens mandat å evaluere disse grenseverdiene, og vi besluttet derfor å bruke grenseverdiene som er beskrevet i Taranger mfl. (2012). I appendiks I gis en mer detaljert diskusjon rundt hvordan man har kommet fram til disse grenseverdiene, begrensningene og usikkerheten knyttet til denne tilnærmingen.

### **3.2. Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus**

I teorien er det ikke nødvendig å ta hensyn til bestandsstatus for å evaluere lakselusindusert dødelighet for en kohort av laksesmolt som vandrer ut fra en elv. Ved utregning av hvor stor andel av fisken som dør er dette uavhengig av hvor mange som vandrer ut. Det viktigste i denne sammenhengen er fordelingen av lus på fisken i populasjonen. Dette kan regnes ut ved å ta et utvalg av fisken for så å evaluere hvor stor del av populasjonen som har dødelige antall lus. Utfallet av en påvirkning vil derimot avhenge sterkt av bestandsstatus. For eksempel hvis reduksjonen i fisk fører til at antall voksne laks som kommer tilbake er under gytebestandsmål (GBM), vil effekten ha en større negativ konsekvens for bestanden enn hvis gytebestandsmål uansett blir oppnådd med stor margin. En bestandsreduksjon som følge av lus vil imidlertid ha konsekvenser selv om gytebestandsmål oppnås fordi andelen av bestanden som kan høstes vil bli mindre. I Kvalitetsnormen for ville bestander av laks (2013) er vurdering av normalt høstbart overskudd et viktig kvalitetselement (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2016).

På den andre side vil også antall fisk som kommer tilbake til elven være en indikator på om tilstanden for bestanden er bærekraftig. Bestander fra den samme regionen vil påvirkes i stor grad av de samme forholdene i havet (det vil si forhold etter de har forlatt kysten) slik at et avvik i enkelt bestander som ikke kan tilskrives noe annet enn lakselus kunne i teorien være en måte å evaluere effekten av lakselus. Dette er derimot svært komplisert fordi fisk fra forskjellige kohorter og bestander kommer tilbake etter forskjellige antall år i sjøen, vandrer ut på forskjellige tidspunkt, har forskjellige utgangspunkt i forhold til størrelse og utvikling og så videre. Vi mener allikevel at det er grunn til å ta bestandsstatus med i betraktning når man evaluerer en eventuell effekt av lakselus. For eksempel, i områder der man har sterke høstbare bestander, selv om modellestimatene tilsier at det er stor lakselusindusert dødelighet, så er dette åpenbart feil. Dette betyr ikke at lakselus er uten påvirkning på bestanden, men viser at modellen ikke reflekterer virkeligheten godt nok. På samme måte kan det motsatte skje der modellene indikerer lav påvirkning mens det samtidig er dårlig bestandsstatus. Slike situasjoner er derimot ofte mer komplekse ettersom det ikke nødvendigvis er en logisk kobling mellom at det er dårlig tilstand i gytebestanden og effekter av lus. Slike hensyn må man ta når man gir råd i forhold til påvirkning av lakselus. I Appendiks IX har man gjort et forsøk på å se på historiske fangststatistikk for elver på Vestlandet for å få et innblikk i hvordan lakselus kan ha påvirket noen utvalgte bestander historisk. I fremtiden vil det være aktuelt å utvide et slikt arbeid der man kobler bestandsstatus til de nye modellene som er framlagt i denne rapporten.

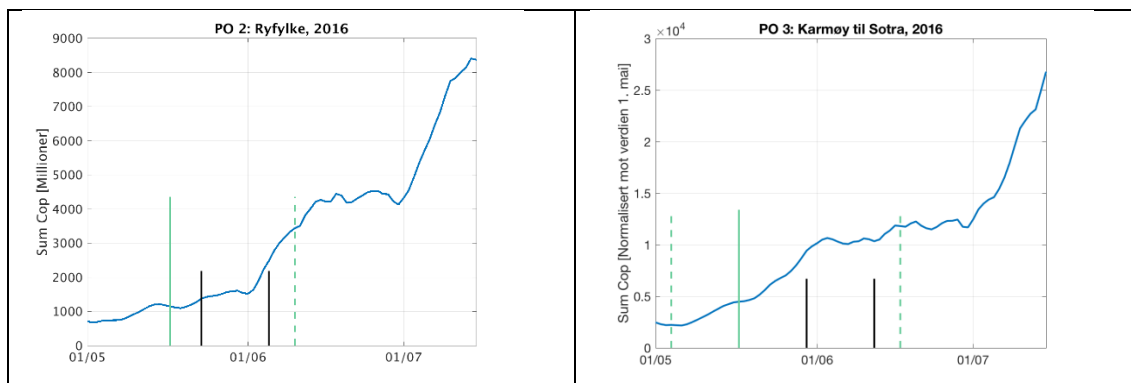
### 3.3. Grunnleggende forskjeller i migrasjonsatferd mellom laksefisk

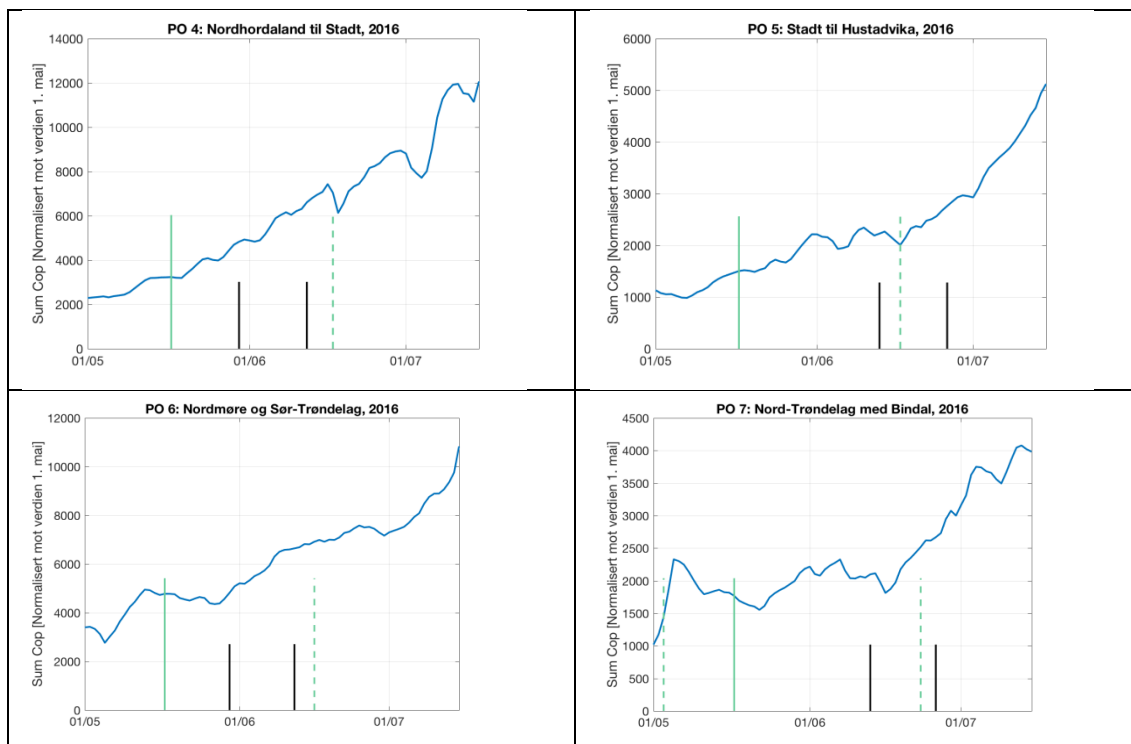
Laks vandrer direkte ut til det åpne havet fra elven for å returnere først om et eller flere år mens sjørret og sjørøye blir i fjordene og kystområdene under hele sitt sjøopphold. Vi finner mest lakselus i fjordene og kystområdene hvor oppdrettsanleggene er plassert (Serra-Llinares mfl. 2014, 2016). Derfor har disse tre artene en ulik sannsynlighet å bli smittet av lakselus. Laks er utsatt for lakselussmitte bare i noen få uker i kystnære strøk, mens sjørret og sjørøye kan bli eksponert for lakselussmitte i flere måneder. Antakelsen har derfor vært at sjørret og sjørøye er mer utsatt for lakselus enn laks. På den andre siden har både sjørret og sjørøye mulighet til å avluse seg ved å oppholde seg i områder med fersk- eller brakkevann, siden lakselus ikke tolererer lave saltholdigheter i lange perioder (Gravil 1996, Wright mfl. 2016). Laks derimot, har ikke mulighet til å kvitte seg med lusa ved hjelp av ferskvannseksposering ettersom den vandrer ut i havet. Laksen med sin spesialiserte vandringsatferd kan derfor være mer sårbar for høy eksponering av lus enn sjørreten. I tillegg kan laks bli smittet i åpent hav, men de studiene som foreligger tyder på at dette smittepresset er meget lavt (Jacobsen & Gaard 1997).

Hovedfokus i denne rapporten er utvandringsperioden til vill laksesmolt (april- august avhengig av område/elv), ettersom det går frem av bestillingen at hovedvekten skal legges på laks i denne omgangen. Vi vil likevel påpeke at sjørret vil kunne oppholde seg i kystnære områder i en mye lenger periode og at en andel av fisken vil oppholde seg i sjøen hele året. Dette er kanskje spesielt relevant for små kystnære populasjoner hvor habitatet i ferskvann om vinteren blir ulevelig fordi vannstanden blir for lav og/eller at habitatet fryser. Det er lite dokumentasjon på lusemengden på sjørret som oppholder seg i sjøen om vinteren i oppdrettsintensive områder. Et enkelt overvåkingsprogram i Sognefjorden tilsier derimot at det periodevis kan være betydelig mengder lus på sjørret, og betydelig høyere enn det man har observert om vinteren i oppdrettsfrie områder (Vollset & Barlaup 2014).

### 3.4. Mellomårlig variasjon og sesongutvikling

I alle produksjonsområder er det forholdsvis lite kopepoditter tidlig på våren, og mengden kopepoditter har en kraftig økning utover våren/forsommeren (figur 2). Variasjon/usikkerhet i tidspunktet for når smolten fra de ulike elvene vandrer mot havet vil for enkelte produksjonsområder være sammenfallende med det tidspunktet da antall kopepoditter øker mest. Tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter innen hvert produksjonsområde gir derfor nyttig informasjon når usikkerheten i resultatet skal diskuteres.





**Figur 2.** Antall smittsomme kopepoditter summert over hele produksjonsområdet. Hel loddrett grønn linje viser tidspunkt for 50% utvandring, mens stiplede grønne linjer viser tidspunkt for første og siste utvandringsdato. Det kan ta opp til flere uker før smolten som vandrer ut når havet. De hele sorte linjene viser når feltarbeidet (garn/ruse) startet og ble avsluttet (Periode 1).

I produksjonsområde 2, 3 og 4 er det en kraftig økning i antall kopepoditter i løpet av utvandningsperioden. Dette medfører at usikkerheten i estimert dødelighet er stor på grunn av usikkerhet i utvandringstidspunkt. Overvåkingsdata må derfor tolkes i forhold til utvandringstidspunkt.

I produksjonsområde 5, 6 og 7 er kurven flatere, og dermed er også usikkerheten i estimert dødelighet mindre avhengig av utvandringstidspunkt. Overvåkingsdata kan av samme grunn betraktes som et sikrere mål på lusenivået i produksjonsområdet i løpet av smoltutvandningsperioden.

### 3.5. Usikkerhet i kildeleddet

Antall lakselus på oppdrettsfisk rapportert fra alle anleggene i Norge er viktig inngangsdata for alle modeller som beregner smittepress. Kvaliteten på de innrapporterte tallene påvirker i stor grad kvaliteten på modellresultatene. Dette gjelder både presisjon i selve tellingen og nøyaktig tidspunkt for denne (se avsnitt 1.2 i Karlsen mfl. 2016).

### 3.6. Dødelighet i pelagiske stadier

Kunnskap om naturlig dødelighet på de pelagiske stadiene (nauplier, kopepoditter) til lakselus er begrenset. I denne fasen er lakselus utsatt for predasjon på lik linje med andre planktonorganismer, og det kan forventes til dels stor romlig og temporær variasjon i predasjon og dødelighet (se avsnitt 1.3.2. i Karlsen mfl. 2016).



### **3.7. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering**

Havforskningsinstituttets modellsystem er beskrevet i Ådlandsvik og Sundby (1994), Asplin mfl. (2014), Johnsen mfl. (2014), Johnsen mfl. (2016) og Sandvik mfl. (2016) inkludert validering av lakseluspåslag på smolt i vaktbur. Validering mot lus på garn og rusefanget fisk er under publisering og presentert i Appendiks IV. Metoden som er brukt for å komme fram til vurderingen i kolonnen HI smittepress er basert på et binært prediksjonssystem presentert i Sandvik mfl. (2016) og Appendiks V. Denne metoden inkluderer ikke informasjon om hvor fisken befinner seg på et gitt tidspunkt, men integrerer over et gitt tidsrom. Grenseverdiene for høyt og lavt smittepress er satt til gjennomsnittlig 10 lus per fisk som i flere publikasjoner er betraktet som dødelig for post-smolt av laks (definert som 100% dødelig) (Holst mfl. 2003, Finstad & Bjørn 2011). Grenseverdien for lavt smittepress er satt til gjennomsnittlig 1 lus, hvor vi med rimelig stor sannsynlighet kan si at det ikke er noen effekt av på dødelighet (definert som 0% dødelig). Dødeligheten i området med middels smittepress er ikke godt dokumentert derfor er det brukt 50% her. Grenseverdiene er valgt basert på tilgjengelig kunnskap, og vil bli justert når nye data kommer til. I Appendiks V er følsomheten for grenseverdien som fører til 100% dødelighet diskutert ved å la denne øke og avta med 25%. Usikkerheten til metoden, når det kommer til å anslå dødelighet for utvandrende smolt, er først og fremst tidspunktet for når smolten er i fjorden og dermed hvilken periode det skal integreres over. Siden smittepresset øker betydelig utover sommeren i alle produksjonsområdene vil dette gjelde for alle metoder.

Havforskningsinstituttets virtuelle smoltmodell er nyutviklet og inneholder en smitemodul som overfører modellert kopepodittfordeling til antall lus på utvandrende smolt (Appendiks VI). Metoden er lovende, men på grunn av lite tråldata på utvandrende smolt er kalibreringen usikker. Kun data fra to fjordsystemer er tilgjengelig så langt, men i løpet av 2017 skal flere fjordsystemer overvåkes. Kalibreringen er også sensitiv for opphavet til de smoltene som fanges i trålen. Siden man ikke vet hvilken elv disse kommer fra, blir ikke kalibreringen nøyaktig i modellen. Planen videre er å bruke genetiske metoder til å bestemme hvilken region smolten kommer fra. De beregnede dødelighetsestimaterne er følsomme for når smolten faktisk vandrer ut og formen på den antatte utvandringsskurven, om den vandrer samlet, i flere puljer eller jevnt over en lengre tidsperiode. Dette diskuteres videre i Appendiks VI.

### **3.8. Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering**

Modellsystemet som benyttes til vurderingene av sannsynlighet for lusepåvirkning fra Veterinærinstituttet (Appendiks VII), er delvis basert på en tidligere utviklet modell for beregning av smittepress fra lus i oppdrettsanlegg (Kristoffersen mfl. 2014). Nyutviklet metodikk i modellsystemet er en påslagsmodell som benyttes til å beregne lusepåslag på utvandrende laksesmolt, samt vandringsruter for postsmolt fra 401 vassdragsutløp til hav. Den nye metodikken er beskrevet i Appendiks VII. Usikkerhetene knyttet til den nye metodikken er: 1. Forholdet mellom smittepress og påslag på burfisk for ulike år, områder og tidsperioder, versus påslag på utvandrende laksesmolt; 2. Tid for utvandring, utvandringssruter og svømmehastighet for postsmolt; 3. Skjematisk definisjon og terskelverdier for luseindusert dødelighet; og 4. Skalering av påslagsrate i forhold til alderssammensetning av luselarver (kopepoditter og chalimus) på fisk fra burforsøk. Disse usikkerhetene og mulige skjevheter i estimatene som usikkerhetene kan generere, er diskutert i Appendiks VII.

### **3.9. Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsytere**

I områder med få oppdrettsanlegg og mye villfisk kan lakselus på vill laksefisk bidra til det lokale smittepresset. Modeller som beregner smittepress ut ifra rapporterte lus på fisk i anleggene vil underestimere smittepresset i disse områdene. Se avsnitt 1.2.4. i Karlsen mfl. (2016). I Appendix I har vi også diskutert den teoretiske problemstillingen med å skille dødelighetsandelen som skyldes lus fra oppdrett og andre kilder av lus.

### **3.10. Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt**

Fiskens atferd: Hovedsakelig oppholder postsmolten seg fra 1 til 3 meters dyp under utvandringen med sporadiske dykk ned til 6,5 meters dyp. Det er også en tendens til at postsmolten holder seg nærmere overflaten (<0,5 meters dyp) om natta. Slike forhold må derfor tas hensyn til når man vurderer risiko for lakseluspåslag gjennom postsmoltens utvandningsrute.

Utvandringsruter: Vi vet vi lite om postsmoltens vandringsruter gjennom fjorden og hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og grunnlinja. Vandringshastighet i kombinasjon med vandringsavstand og utvandringstidspunkt kan brukes til å definere eksponeringstid og optimalt samplingstidspunkt for lakselus. Et viktig moment er derfor oppholdstiden til postsmolten i relevante fjord- og kyststrøk. Det er stor variasjon mellom individene mht. vandringshastighet men hastigheten ligger hovedsakelig i området mellom 0,8-1,5 kroppslengder per sekund. Variasjon mellom fjordsystemer pga. topografiske forskjeller vil også påvirke vandringshastighet og progresjon.

Tidspunkt for utvandring: Alle utvandningsforløp ble standardisert med utgangspunkt i tidspunkt for 25 % utvandring, med start 10 dager før og 50 % utvandring 10 dager etter. Den totale utvandningsperioden ble satt til å vare i 40 dager. En 40 dagers utvandningsperiode er sannsynligvis noe for lang i en god del tilfeller, i alle fall for mindre vassdrag med lite variasjon i fysiske forhold på lakseførende strekning. Dette vil innebære at risiko for dødelighet av lus kan bli overvurdert i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Størrelsen på en eventuell overvurdering vil avhenge av hvor godt samsvar det er mellom virkelig og antatt tidspunkt for hovedutvandring. På den andre siden kan også den totale utvandningsperioden i vassdrag være lengre enn 40 dager. I slike populasjoner vil risiko for dødelighet av lus kunne undervurderes i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Hvor stor andel av populasjonen som vandrer sent vil dermed være viktig for størrelsen på feilen i slike tilfeller. I appendix II går vi mer i detalj på disse problemstillingene.

De standardiserte utvandningsforløpene gjelder for år med middels utvandningsperiode. Vi har ikke kunnskap som tilsier at utvandringen av smolt i 2016 verken var spesielt tidlig eller spesielt sen med hensyn til tid på året.

### **3.11. Skjevheter i fangst av laksefisk med ruse og garn**

Alle redskaper som benyttes for å fange fisk er selektive, og kan påvirke utfallet av de målingene som foretas. Eksempelvis ser vi at maskevidden på garn ikke bare påvirker størrelsesfordelingen av fisken som fanges, men vil indirekte kunne påvirke antall lus da fisk kan skrape av seg lus på garnene (Barlaup mfl. 2013). Ruse har den fordel at fisken fanges levende, og at den ikke setter seg fast i garnmasker. Avskrapningen av lus er generelt mindre, og sammenligninger indikerer at antall lus på rusefanget fisk er høyere enn garnfanget.

Det er også en rekke tekniske problemstillinger knyttet til telling og sampling av lakselus som vi ikke har mulighet til å gå i detalj i her. Dette er for eksempel (1) ved innfrysing ser det ut til at de minste stadiene forsvinner i langt større grad enn de eldre (2) avhengig av landsdel er det en andel av lusen som sitter på fisken skottelus (*Caligus elongatus*) og ikke lakselus (3) usikkerheten i estimatene av lakselus på vill laksefisk vil avhenge sterkt av antall fisk fanget (4) størrelsen av fisken vil påvirke hvor representative de er for området de er fanget. Metodene som benyttes er derfor standardiserte for å redusere skjevheter dette vil medføre.

I tidligere risikovurderinger av oppdrett (jf. Svåsand mfl. 2016), har lakselus på sjørret mindre enn 150 gram fanget litt etter forventet smoltutvandring blitt brukt som en indikator på potensielle effekter på utvandrende laksesmolt. Dette er problematisk all den tid disse to artene har veldig forskjellig atferd. I et nylig ferdigstilt arbeid ble lakselusmitte på sjørret og laksesmolt fanget samtidig i trål de siste 10 årene studert for å evaluere hvor god en slik tilnærming er til å forutse mengder lus på laksesmolt (altså om det er en korrelasjon mellom lus på sjørret og laksesmolt). Studiet tilsier at det er en klar sammenheng mellom smittepresset på de to artene, men at det generelt sett er mindre lus på laksesmolt enn på sjørret. Vi vurderer det derfor slik at lakselus på sjørret ikke kan brukes til å direkte estimere *lakselusindusert dødelighet* på laksesmolt, men i tilfeller der det observeres store mengder lus på sjørret er dette en klar indikasjon på at også utvandrende laksesmolt er mer utsatt for lusesmitte i et gitt område.

### **3.12. Vaktbur**

Vaktburene er 1 m<sup>3</sup> lukkede merder hvor det settes inn 30 kultiverte laksesmolt som står ute og samler lus i 2-3 uker før de tas inn og antall lus telles. Burene er forankret på bunn, og henger fra blåser rett under overflaten. Undersøkelser indikerer at det er mest lus i de øverste vannlagene, og siden vill laksefisk oftest svømmer på 1-3 m dybde fanger burene opp smitte på denne dybden. Burene står normalt ganske nær land, og Havforskningsinstituttet og Sintef sine modeller indikerer at dette også er det området hvor det normalt samles mest lus. Det er gjort undersøkelser av variasjon i påslag av lakselus i burene ved å sette to og to bur sammen like ved siden av hverandre (50-100 m avstand) i indre og ytre deler av Hardangerfjorden i 2010, totalt 13 slike par. I 7 av disse parene var infestasjonen nær 0, mens de øvrige settene viste samme trend, men det var en signifikant forskjell i 4 av settene (Bjørn mfl. 2011). Årsaken til denne forskjellen kan skyldes lokale strømmer, begroing av bur som reduserer gjennomstrømmingen, ulik atferd til fisken i burene, at lus blir skrappt av, samt usikkerheter knyttet til tellingen da fisken må håndteres og derfor skremmes.

### **3.13. Tråling**

Det brukes en trål som er ca. 30 m bred og 2,5 m dyp. Denne er spesialutviklet slik at postsmolt laks føres inn i ett akvarium slik at en unngår avskraping av skjell og lakselus. Fisk som ikke fanges opp av denne mekanismen tas ikke med i vurderingene. I hvilken grad det allikevel skrapes av lus vil trolig avhenge av forholdene under tråling, og hvor lenge fisken står i trålen. Normalt tråles det der man forventer å fange laksefisk, og det tråles primært i de ytre delene av fjordene. Dette har imidlertid variert. Denne metoden fanger direkte opp hvor mye lus det er på den utvandrende laksesmolten. I løpet av 2017 vil en også prøve å inkludere metoder for å spore tilbake fra hvilken elv fisken kom fra.

I hvilken grad trålingen fanger opp ett representativt utvalg av fisken har vært diskutert. Postsmolten som svømmer ut av fjordene svømmer i små flokker som trolig brytes opp om natten da adferden er basert på visuelle signaler. Trålingen gjennomføres på dagtid. Det har vært kommentert at laksesmolt smittet med lus kan ha en avvikende atferd ved at de svekkes og at de derfor bryter stimstrukturen og at disse da lettere fanges i trålen enn fisk som ikke er infisert. Trålunnvikelse baserer seg da på evne til å oppfatte og svømme bort fra trållåpningen. Effekten av lus på laksens kritiske svømmehastighet (ett mål på maksimal svømmehastighet og utholdenhet) har vist at infisert laks har noe lavere verdier (Wagner mfl. 2003, 2008), og at det er en økende effekt også for de tidligste stadiene av lus med økende infeksjon (Bui mfl. 2016). Om de relativt små forskjellene har noen praktisk betydning i forhold til trålunnvikelse vites ikke. En redusert svømmeevne vil kunne medføre økt risiko for å miste kontakt med gruppen og derved øke risikoen for predasjon. Dette betyr at det er en mulighet for at fisk eksponert for ett lengre tidsrom blir underrepresentert i fangstene om disse fanges i ytre deler av fjordene.

Størrelsen på fisken påvirker dens svømmehastighet. Fisk som er svekket og ikke vokser kan derfor se for seg blir lettere fanget i en trål enn fisk i god kondisjon som har vokst gjennom dens vandring gjennom fjordene. Fisken som fanges med trål er i hovedsak ikke infisert, den infiserte fisken fanges oftere senere i sesongen. Vi antar at dette har sammenheng med det økende smittepresset som en ser langs kysten utover sesongen. For å kunne svare eksakt på fangbarheten av trål for ulike størrelser av laks må det gjennomføres egne undersøkelser, slike undersøkelser er ikke kjent for gruppen. Vi observerer dog at det er fanget ikke-infisert laks opp i 30 g størrelse i enkelte trålhal i Altafjorden.

#### 4. Vurdering av status i produksjonsområdene

Den overordnede analysen baserer seg på vurderingene som er oppsummert i tabell 2. Tabellen tar utgangspunkt i resultatene fra ulike modeller (HI og VI) og de observasjonene som er gjort i NALO 2016. Kunnskap om utvandringstidspunkt og utvandningsruter til laksesmolten vurderes så opp mot indikatorene i tabellen, og konklusjon og usikkerheten settes. Den største usikkerheten er i de fleste tilfeller knyttet til utvandningsrute og tidspunkt for utvandring av vill laksesmolt. Det er i de fleste tilfeller ukjent hvor laksesmolt fra en gitt elv vandrer ut i en fjord og de ulike rutene kan ha stor betydning for hvor stort smittepress fisken vil vandre igjennom. Variasjon i påvirkning mellom ulike deler av produksjonsområdet er også kommentert der dette er relevant. Fangstdata og gytebestandsmål er benyttet i enkelttilfeller i vurderingen og er da spesifisert i det aktuelle produksjonsområdet. Det er naturlig at disse data inngår i fremtidige vurderinger når data basert på tilbakevandring av voksen laks fra 2016-årsklassen av smolt blir tilgjengelig.

For hvert produksjonsområde er det gitt antall oppdrettsanlegg, antall elver, egg pr biomasse oppdrettslaks (antall egg i millioner/ tonn biomasse (gjennomsnittlig)) samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene.

**Tabell 2.** Resultat fra modeller og observasjoner i de ulike produksjonsområdene og ekspertgruppens overordnede konklusjon. Kategoriene (høy, moderat, lav) fra de ulike modellene og datakildene er en overordnet risikovurdering og representerer hele produksjonsområdet. Sjørret verdien er gjennomsnittet for de ulike stasjonene i periode 1. Tabellen må leses sammen med teksten for de ulike produksjonsområdene der usikkerhetene for vurderingen er fremhevet. VI har valgt å representere sin overordnede vurdering basert på best og verste scenario for snitt verdier av alle bestander i sin modellkjøring. Konklusjonen kan tolkes som en ekspertvurdering for at der en sannsynlig risiko for at mindre enn 10% (lav), 10-30% (moderat) og mer en 30% (høy) av vill laksesmolt i en region har en lakselusindusert dødelighet. HI smittepress: smittepresskart lus, HI Virtuelle smolt: modellert påslag av lus på utvandrende smolt. VI smittepress: modellert påslag av lus på utvandrende smolt. Sjørret rusefangst: Sjørret som proxy for laks i NALO. SINTEF's modell: modellert påslag av lus på utvandrende smolt (kun laget for produksjonsområde 5).

Produksjons-områder	HI smittepress	HI Virtuell smolt	VI smittepress	Sjørret rusefangst	SINTEF's modell	Konklusjon
1	Lav	Lav	Lav	Lav		Lav
2	Høy	Høy	Lav/Mod	Moderat		Moderat
3	Høy	Høy	Mod/Høy	Høy		Høy
4	Moderat	Høy	Lav/Mod	Høy		Moderat
5	Moderat	Moderat	Lav/Mod	Moderat	Moderat	Moderat
6	Moderat	Moderat	Lav/Mod	Moderat		Moderat
7	Moderat	Moderat	Lav/Mod	Moderat		Moderat
8	Moderat	Lav	Lav	Lav		Lav
9	Lav	Lav	Lav	Lav		Lav
10	Moderat	Lav	Lav	Lav		Lav
11	Lav	Lav	Lav	Lav		Lav
12	Lav	Lav	Lav	Lav		Lav
13	Lav	Lav	Lav	Lav		Lav

## Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
13	38	0,33	2 182 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Modellresultater fra HI og VI viser lavt smittepress.

**Usikkerhet:** Alle modeller og overvåkingsdata viser samme resultat, konklusjonen anses derfor som meget sikker.

## Produksjonsområde 2: Ryfylke

**Konklusjon:** Moderat risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
46	18	0,86	438 000

Observasjonsdata viser moderat dødelighet på ruse og garnfanget sjørret i tiden som dekker smoltutvandringen. Egg per biomasse viser moderate utslipp. Antall klekte egg er høyere i 2016 enn i 2015 for perioden april til juli. Modellresultatene viser høy risiko (HI) og lav/moderat risiko (VI). Sjørret i området vurderes til å være moderat til høyt påvirket, men med stor usikkerhet.

Ruse/garnfangst av sjørret i Boknafjorden indikerer høy økt risiko for lakselusindusert dødelighet på sørsiden i Ytre Årdalsfjorden og på nordsiden ved Nedstrand. Modellen indikerer at områdene med et slikt forhøyet smittepress er geografisk begrenset, hvilket indikerer at den tiden den utvandrende smolten er eksponeres er av begrenset varighet. Av de store elvene er Figgjo, som ligger helt ved kysten trolig lite påvirket. Om fisken fra Suldalslågen går ut på nordsiden vil den trolig være moderat påvirket. Smolt fra Suldalslågen går trolig tidlig og slipper da mest sannsynlig unna økningen i lusesmitte i området fra andre uken i mai, selv om data indikerer at en andel av fisken kan gå en god del senere. Årdalselven er også ganske stor, men området med forhøyet smittepress smolten herifra går gjennom ser ut til å være begrenset.

**Usikkerhet:** Et område med stor variasjon i påvirkning. Utvandningsrute og utvandringstidspunkt for bestander i Boknafjordområdet/Ryfylke er avgjørende for påvirkning og her er kunnskapen begrenset og øker dermed usikkerheten i vurderingen. Helhetlig vurdering av området tilsier moderat risiko for luseindusert villfiskdødelighet fra oppdrett.

### Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

**Konklusjon:** Høy risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
142	12	1,13	185 000

Observasjonsdata viser høy dødelighet på ruse og garnfanget sjørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser høye utslipp. Modellresultatene viser høy risiko (HI) og moderat/høy risiko (VI).

I Hardangerfjorden er det åpenbart en gradient av effekt fra indre til ytre deler der de indre elvene er sterkt påvirket. En relativ unik problemstilling i Hardanger er at den meste produktive elven i fjordsystemet (Etne) ligger lengst ute med den korteste vandringsruten. Avhengig av metode og vektlegging blir Etne definert til å være lavt til moderat påvirket. Vår vurdering er derimot at dette produksjonsområdet i sin helhet må defineres som høyt påvirket. Dette er basert på at flere elver er definert til å bli høyt påvirket i både VI og HI sin modell kjøring. I tillegg viser smittepresskartene at det er en stor arealmessig utbredelse av områder med høyt smittepress. Dette bekreftes av vaktburene som i 2016 stod ute fra 12. mai, og de indikerte noe smittepress i siste halvdel av mai, og en betydelig økning i de ytre delene fra slutten av mai og smittepresset holdt seg utover juni. Overvåking av sjørret og i bur peker derfor i samme retning med til dels meget høye påslag av lus på sjørret og på laksesmolt i bur i områder hvor det har vært høy produksjon av oppdrettslaks. Tråldataene indikerer en økning i infestasjoner fra uke 21 (23. mai), men med fallende fangster.

Vi har også vektlagt bestandssituasjonen i denne vurderingen. Siden midten av nittitallet har mange elver i Hardanger (spesielt i de indre områdene) hatt meget dårlig bestandsstatus (Vollset mfl. 2014). Vi vurderer det sannsynlig at denne avvikende bestandssituasjonen, sett i forhold til andre bestander er drevet av høye nivåer av lakselus. Flere bestander har for øvrig vist en positiv tendens med et noe økt innsig de siste årene. Samlet er likevel vår vurdering at lakselusindusert villfiskdødelighet i dette området er høyt.

**Usikkerhet:** Lite data på utvandringstidspunkt og dermed usikkerhet knyttet til tidspunktet for utvandring er helt avgjørende for om laksen blir moderat eller høyt påvirket. Store deler av produksjonsområdet har høy risiko for påvirkning (Hardanger og Bjørnafjorden). Samtidig er det viktig å påpeke at den største elven (Etne) virker til å være mindre påvirket.



## Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

**Konklusjon:** Moderat risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
125	40	1,22	748 000

Observasjonsdata viser høy dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser høye utslipp. Modellresultatene viser moderat risiko (HI) og lav/moderat risiko (VI).

I produksjonssonen er mønsteret at det er relativt store områder som virker å være upåvirket, mens enkelt områder som ser ut til å være sterkt påvirket. I Nordhordland (Hjeltefjorden og Masfjorden) er det områder med høyt smittepress. Dette reflekteres både i smittepresskart og lakselus på sjøørret. Hjeltefjorden er utvandringsruten til flere laksebestander fra Osterfjorden (inkludert Vosso), og dette smittepresset kan påvirke disse bestandene. Estimatene for effekter på disse elvene fra VI og HI spriker fra lavt til høyt. Årsaken til denne relativt lave kategoriseringen er fordi området med høyt smittepress er geografisk relativt begrenset. Vi vurderer derfor at det er en moderat sannsynlighet for påvirkning av laks i dette området. I Sognefjorden er det også relativ stor utbredelse av moderat påvirkning i det ytre fjordområdet. Dette reflekteres også i at de modellerte effektene på elvenivå er relativt høye både for VI og HI sine modeller. Her er noen av de viktigste elvene i produksjonsområdet (inkludert Lærdal). I vår kategorisering av produksjonsområdet legger vi derfor stor vekt på at det er en relativt høy sannsynlighet for at disse elvene er påvirket av lus i denne perioden.

**Usikkerhet:** Veldig stort produksjonsområde, enkelte mindre områder (Nordhordland, nordsiden av Sognefjorden) har høy risiko selv om området i sin helhet vurderes til å ha moderat risiko. Stor usikkerhet som avhenger av utvandringsruter.

## Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

**Konklusjon:** Moderat risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
36	44	1,21	529 000

Observasjonsdata viser moderat dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser høye utslipp. Modellresultatene viser moderat risiko (HI), lav/moderat risiko (VI) og moderat risiko (Sintef).

Området strekker seg fra Stadt til Hustadvika. Fangst av sjøørret er foretatt i er Ørstafjorden, Storfjorden og Romsdalsfjorden. I første periode (uke 23-25) ble det funnet lus på nesten all undersøkt fisk i Ørstafjorden. I Storfjordssystemet ved Sykkylven var lusepåslaget noe lavere men ved Stordalsvika lengre inn i fjordsystemet ble det på samme tid registrert økt mengde lus på fisken. I Romsdalsfjorden ble det ved stasjonene Vatnefjord og Frænfjorden registrert moderat til høyt lusepåslag på fisken. Ved andre periode (uke 27-29) ble det funnet en generell økning i lusemengden på de ytre stasjonene på Sunnmøre. I Romsdalsfjordssystemet ble det også funnet en generell økning i periode 2.

I uke 21 viste spredningsmodellen til HI en spredt økning i kopepoditter. På Sunnmøre var det en økning i ytre Voldsfjord, ytre Hjørundfjorden og midtre del av Storfjordssystemet. I Romsdal var tettheten generelt lav med unntak av spredte forekomster rundt Otra og lokalt inne i Rødvenfjorden. Den modellerte tettheten av kopepoditter økte i store deler av området utover sesongen. Vaktburene i systemet de tre første ukene i juni indikerte relativt lavt smittepress.

Utbredelsen av det som defineres som moderat påvirkning i HI sine smittekart er relativt stor i produksjonsområdet gjennom smoltutvandringen, med enkelte områder med høyt smittepress (Voldsfjorden). Utbredelsen av smittepresset øker noe mot slutten av smoltutvandringen og videre utover sommeren. VI sin modell indikerer også at det er områder i indre og ytre deler av Romsdalsfjorden med relativt høyt smittepress, selv om disse virker å være geografisk avgrenset. Samtidig viser modellering fra smitemodellen til VI at i snitt er risikoen for smitte lav til moderat for bestandene. HI sin vurdering indikerer at mange bestander er lavt påvirket og en del bestander er moderat til høyt påvirket og vurderes derfor totalt sett til moderat. I dette området har også Sintef gjennomført sitt modelleringsarbeid og havnet på moderat risiko. I tillegg er egg per biomasse høyt for området. Samlet er vår vurdering at lakselusindusert villfiskdødelighet i dette området er moderat.

**Usikkerhet:** Usikkerheten i dette området er på lik linje med andre områder tidspunkt og utvandningsrute. Områder med høyt smittepress er geografisk relativt avgrenset, og dette fører til at det er vanskelig å være treffsikre med modellering og vurdering. Det at smittepresset stiger utover sesongen og at det er observert høye nivåer av lus på sjøørret utover i juni er også et element som fører til usikkerhet.

## Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

**Konklusjon:** Moderat risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
115	62	1,21	2 389 000

Observasjonsdata viser moderat dødelighet på ruse og garnfanget sjørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser høye utslipp. Modellresultatene viser moderat risiko (HI) og lav/moderat risiko (VI).

Området her strekker seg fra Hustadvika i sør til fylkesgrensen mellom Sør- og Nord-Trøndelag i nord. Spredningsmodellen viste i forkant av feltarbeidet en vedvarende forhøyet tetthet av kopepoditter nord for Hitra og Frøya og langs kysten vest for Fosen. Det ble også observert spredte økninger sør for Hitra og nordover langs fastlandet mot utløpet av Trondheimsfjorden. Det ble observert en økning i den modellerte tettheten av kopepoditter, spesielt i den sørlige delen av området, utover i sesongen.

Ved første periode (uke 22-23) ble det funnet lus på praktisk talt all garn- og rusefanget sjørret, med til dels høye påslag av lus ved Agdenes. Ved Asserøy var snittvekta på sjørreten høy og lusepåslaget var noe lavere enn ved Agdenes. Ved Agdenes økte lusepåslagene kraftig i andre periode (dvs. høyere smittepress for fisk som vandrer ut sent) mens det ved Asserøy var omlag samme situasjon som i periode 1. Tråldata fra Trondheimsfjorden og Trondheimsleia hadde lave påslag av lakselus på laksesmolt. Dette er i samsvar med modellene som viser lavt smittepress i de trålte områdene. Vaktburene i systemet som stod ute i tre uker fra 6. juni viser lavt smittepress, men høyere påslag i Trondheimsleia og ved Tarva sammenlignet med Trondheimsfjorden. Siden en del av smolten fra dette området trolig svømmer ut i områder som har et høyere smittepress etter at de har passert overvåkningsstasjonene, anser vi det sannsynlig at lusepåslaget ender opp som høyere enn observasjonene tilsier. Sommert sett er påvirkning av lakselus på utvandrende smolt sannsynliggjort i dette produksjonsområde på grunn av lusepåslagene på sjørret, høye utslipp av egg i tiden som dekker utvandringen av smolt og høye utslipp av egg per stående biomasse. På denne bakgrunn kategoriserer vi dette produksjonsområdet med moderat risiko for lakselusindusert dødelighet.

**Usikkerhet:** Selv om trålfanget smolt viser lavt påslag, vurderes området til moderat risiko for lakseindusert villfiskdødelighet. Potensielt kan påvirkningen av lakselus være stor i de senere fasene av smoltutvandringen, særlig om utvandringsrutene passerer gjennom områder med høyt smittepress ved Hitra/Frøya. Sjørretdata fra periode 2 viser høye lakselusnivåer rundt Agdenesområdet gjennom flere år og sent utvandrende laksesmolt kan ha høy risiko for dødelighet rundt denne perioden. En stor del av Norges villaksproduksjon (om lag 20%) passerer dette området under utvandring, og vektlegges i risikovurderingen av dette området.

## Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

**Konklusjon:** Moderat risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
45	22	0,73	902 000

Observasjonsdata viser moderat dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser moderate utslipp. Modellresultatene viser moderat risiko (HI) og lav/moderat risiko (VI).

Undersøkelsene av sjøørret i produksjonsområde 7 indikerer høy lakselusindusert dødelighet på stasjonene på begge sider av Vikna, liten i Namsenfjorden og moderat på sørsiden av denne. Undersøkelsen er gjennomført i ukene 24-26 (13/6-), mens utvandringen (50%) fra Namsen er estimert til 3 juni, og undersøkelsen er i tid rimelig godt overensstemmende med dette. Modellen indikerer ett område sør for Vikna med forhøyet lusepress. Dette området strekker seg noe sørover fra selve øygruppen. Data fra vaktburene ukene 21 til 24 som er dekkende for smoltutvandringen bekrefter relativt høyt smittepress i området. Kritisk for effekten i dette området er hvor smolten fra de store elvene (spesielt Namsen) faktisk går ut, og hvor lenge smolten er eksponert for et høyt smittepress. Utslippene av egg i dette produksjonsområdet er svakt økende i hele mai, og tidsrommet for når fisken går ut ser derfor ikke ut til å være så kritisk. Usikkerheten i om fisken fra Namsen faktisk går helt opp mot Vikna gjør at vi anser at det er moderat risiko for lakselusindusert dødelighet i dette området.

**Usikkerhet:** Stor usikkerhet knyttet til utvandringsruter, Namsen står for 70% av smoltproduksjonen i området. Usikkerheten her er knyttet til om smolten vandrer nær Vikna. Med en nordlig rute kan risiko for lakselusindusert dødelighet øke.

## Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
74	30	0,87	364 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser moderate utslipp. Modellresultatene viser moderat risiko (HI) og lav risiko (VI).

**Usikkerhet:** Stort produksjonsområdet, moderat påvirkning i sør, mesteparten av området har lav risiko for påvirkning.

## Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
71	58	0,54	193 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser lave utslipp. Modellresultatene viser lav risiko (HI) og lav risiko (VI).

**Usikkerhet:** Lokalt høyt smittepress i Tysfjorden som er knyttet opp mot et enkeltanlegg, ellers lav risiko.

## Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
54	24	0,53	328 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser lave utslipp. Modellresultatene viser moderat risiko (HI) og lav risiko (VI).

**Usikkerhet:** Store deler av området har moderat risiko for påvirkning, men den største elven i området Målselv er upåvirket og bidrar derfor til at området totalt sett vurderes til å ha lav risiko.

## Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
30	17	0,23	141 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser lave utslipp. Modellresultatene viser lav risiko (HI) og lav risiko (VI).

**Usikkerhet:** Stor sikkerhet for lav risiko.

## Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
50	18	0,21	587 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser lave utslipp. Modellresultatene viser lav risiko (HI) og lav risiko (VI).

En del av Altafjorden (Skillefjord) hadde ett år moderat risiko for påvirkning under smoltutvandringen. I flere år har det blitt rapportert høy risiko for dødelighet på sjøørret i periode 2. Postsmolten i gode næringsår i nordlige fjorder kan ha lengre oppholdstid i fjorden noe som kan føre til at sent utvandrende laksesmolt får forhøyet risiko for dødelighet.

**Usikkerhet:** En del av Altafjorden har moderat risiko for påvirkning basert på registrert lus på sjøørret om sommeren. Lav risiko for produksjonsområdet i sin helhet men Altafjorden betegnes å ha moderat risiko.

## Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

**Konklusjon:** Lav risiko for lakselusindusert villfiskdødelighet

Antall anlegg	Antall elver	Egg pr biomasse	Smoltproduksjon
4	18	0,15	1 111 000

Observasjonsdata viser lav dødelighet på ruse og garnfanget sjøørret i tiden dekkende for smoltutvandringen. Egg per biomasse viser lave utslipp. Modellresultatene viser lav risiko (HI og VI).

**Usikkerhet:** Stor sikkerhet for lav risiko.

## 5. Konklusjoner

Ekspertgruppen har konkludert med lav risiko for lakselusindusert dødelighet på vill laksesmolt i syv produksjonsområder (1, 8, 9, 10, 11, 12, 13), moderat risiko for lakselusindusert dødelighet i fem produksjonsområder (2, 4, 5, 6, 7) og høy risiko for lakselusindusert dødelighet i ett produksjonsområde (3). Konklusjonene er basert på resultater fra modeller og overvåkingsdata fra 2016. De viktigste usikkerhetene er knyttet til utvandringstidspunkt og utvandningsrute for de ulike elvene, noe som kan ha betydelig effekt på hvor stort smittepress laksesmolten vil passere igjennom på veien ut av fjordene og kysten. Mer data på vill laksesmolt i flere produksjonssoner vil være viktig for å redusere usikkerhetene spesielt dersom fanget smolt kan spores tilbake til elv. I tillegg er det usikkerhet knyttet til terskelverdiene som blir benyttet for å estimere lakselusindusert dødelighet. En del av modellgrunlaget er nylaget og validering og kvalitetssikring i form av publisering vil være viktig.

## **6. Veien videre**

### **6.1. Grenseverdiene bør oppdateres**

Ekspertgruppen har påpekt at en problemstilling med de nåværende grenseverdiene er at de i liten grad differensierer mellom utviklingsstadium av lakselus. Dette er en svakhet ettersom det vi vet fra laboratorium at alle lus som setter seg på som kopepoditt ikke vil bli utviklet til preadulte og adulte stadier hvor de vil gjøre mest skade. Avhengig av når (altså på hvilket stadium) antall lus telles vil grenseverdiene overestimeres eller underestimeres. Eksempelvis, hvis antall lus som telles på fisken i laboratorium er kopepoditter vil antall preadulte lus som faktisk tar livet av en fisk være lavere enn den grenseverdien man regner ut. På lik linje hvis man beregner grenseverdiene i modellkjøringene fra HI eller VI er basert på antall modellerte kopepoditter som setter seg på fisken vil også lus på fisken være høyere enn det som til slutt ender opp som skadelige stadier (preadulte/adulte). I tillegg er alle publiserte forsøk gjort med kultivert smolt som er mye større og med bedre kondisjon, og har hatt et helt annet fôr og oppvekstmiljø. Vi anbefaler derfor at man gjennomgår tidligere laboratorieforsøk, oppdaterer med nye undersøkelser (spesielt på villsmolt) og i størst mulig grad prøver å standardisere dataene som trekkes ut fra hver publikasjon.

### **6.2. Utvandringsruter og tidspunkt**

Det er åpenbart fra gjennomgangen av modellkjøringer at noen av nøkkeldataene for om en elvebestand blir definert til å ha høy eller lav lakselusindusert dødelighet er tidspunktet smolten vandrer ut fra elven samt vandringsruten. Ekspertgruppen anbefaler derfor at det gjennomføres flere studier som kan gi oss bedre og mer detaljert data på nøkkelvassdrag i hvert produksjonsområde.

I de fleste områder av landet har vi begrenset kunnskap om tidspunkt og forløp til smoltutvandringen. Det er usikkerheter knyttet til hvor mye senere laksesmolt vandrer ut fra de indre vassdragene i ulike fjorder enn i kystnære vassdrag. Dette vil sannsynligvis ha stor påvirkning på modelleringsresultatene ettersom smolt fra de indre vassdragene har lange utvandringsruter. I områder hvor smolt fra slike vassdrag må vandre forbi områder med høy intensitet av oppdrettsanlegg er det disse populasjonene som blir sterkest påvirket av lusepåslag ifølge modellene. Det blir derfor viktig å få god dokumentasjon på utvandringstidspunkt i disse vassdragene i fremtidige studier.

### **6.3. Utvikling og validering av smoltmodeller**

Det er behov for å videreutvikle smoltmodellene og forbedre påslagsmodellene som overfører modellert smittepress til antall lus på fisken. I 2017 skal det tråles etter postsmolt i flere fjordsystemer. Dette vil forhåpentligvis gi et større datagrunnlag som kan brukes til å kalibrere modellresultatene. Samtidig er det viktig å ta i bruk genetiske metoder som kan bestemme hvilken region smolten kommer fra.



## 7. Litteratur

- Asplin, L., Johnsen, I. A., Sandvik, A. D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J., Boxaspen, K. K. 2014. Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10: 216-225.
- Barlaup, B. T., Gabrielsen, S. E., Loyland, J., Schlappy, M. L., Wiers, T., Vollset, K. W., Pulg, U. 2013. Trap design for catching fish unharmed and the implications for estimates of sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) on anadromous brown trout (*Salmo trutta*). *Fisheries Research*, 139: 43-46.
- Finstad, B., Bjørn, P. A. 2011. Present status and implications of salmon lice on wild salmonids in Norwegian coastal zones. In: Jones, S., Barnes, R. (eds) *Salmon lice: an integrated approach to understanding parasite abundance and distribution*. Wiley-Blackwell, Oxford, p. 281-305.
- Gravil, H. R. 1996. Studies on the biology and ecology of the free swimming larval stages of *Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer, 1838) and *Caligus elongatus* Nordmann, 1832 (Copepoda: Caligidae). Institute of Aquaculture, University of Stirling.
- Holst, J. C., Jakobsen, P., Nilsen, F., Holm, M., Asplin, L., Aure, J. 2003. Mortality of seaward-migrating post-smolts of Atlantic Salmon due to salmon lice infection in Norwegian salmon stocks. In: Mills (ed) *Salmon at the edge*. Blackwell Science, Oxford, p. 136-137.
- Jacobsen, J. A., Gaard, E. 1997. Open-ocean infestation by salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*): Comparison of wild and escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *ICES Journal of Marine Sciences*, 54: 1113-1119.
- Johnsen, I. A., Fiksen, Ø., Sandvik, A. D., Asplin, L. 2014. Vertical salmon lice behavior as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5: 127-141.
- Johnsen, I. A., Asplin, L., Sandvik, A. D., Serra-Llinares, R. M. 2016. Salmon lice dispersion in a northern Norwegian fjord system and the impact of vertical movements. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 99-116.
- Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O., Svåsand, T. 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen, Nr. 14-2016, 139 s.
- Kristoffersen, A. B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A., Jansen, P. A. 2014. Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. *Epidemics*, 9: 31-39.
- Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Sandvik, A. D., Elvik, K. M. S., Asplin, L., Bjørn, P. A., Johnsen, I. A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Vollset, K. W., Lehmann, G. B. 2017. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2016. Med vekt på modellbasert varsling og tilstandsbekreftelse. Rapport fra Havforskningen, Nr. 1-2017, 55 s.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M. S., Skogen, M. D. 2016. Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 527-542.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M., Asplin, L., 2014. Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian 'national salmon fjords'. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5: 1-16.
- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Asplin, L., 2016. Nearby farms are a source of lice for wild salmonids: a reply to Jansen et al. 2016. *Aquaculture Environmental Interactions*, 8: 351-356.
- Stien, A., Bjørn, P. A., Heuch, P. A., Elston, D. A. 2005. Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progressive Series*, 290: 263-275.

- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B. O., Stien, L. H., Taranger, G. L., Boxaspen, K. K. 2016. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og Havet*, særnummer 2-2016, 190 s.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Bjørn, P. A., Jansen, P. A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R. N., Asplin, L., Skilbrei, O., Glover, K. A., Skaala, Ø., Wennevik, V., Boxaspen, K. K. 2012. Forslag til førstegangs målemetode for miljøeffekt (effektindikator) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på viltlevende laksefiskbestander. *Fisken og Havet* 13-2012, Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7-2012.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. 2016. Status for norske laksebestander i 2016. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 9, 190 s.
- Vollset, K. W., Skoglund, H., Barlaup, B. T., Pulg, U., Gabrielsen, S. E., Wiers, T., Skar, B., et al. 2014. Can the river location within a fjord explain the density of Atlantic salmon and sea trout? *Marine Biology Research*, 10: 268-278.
- Vollset, K. W., Barlaup, B. 2014. First report of winter epizootic of salmon lice on sea trout in Norway. *Aquaculture Environmental Interactions*, 5: 249-253.
- Wright, D. W., Oppedal, F., Dempster, T. 2016. Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater-sensitive. *Journal of Fish Biology*. Akseptert.
- Ådlandsvik, B., Sundby, S. 1994. Modelling the transport of cod larvae from the Lofoten area. *ICES Marine Science Symposia*, 198: 379-392.
- Ådlandsvik, B., 2015. Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. Rapport fra Havforskningen, Nr. 20-2015, 59 s.

## **8. Appendiks**

**Appendiks I Definisjoner og begrep**

**Appendiks II Vassdragsoversikt og utvandringstidspunkt NINA**

**Appendiks III Fysisk miljø HI**

**Appendiks IV Hydrodynamisk spredningsmodellering HI**

**Appendiks V Smittepresskart HI**

**Appendiks VI Virtuell smolt HI**

**Appendiks VII Produksjon av lakselus i oppdrett VI**

**Appendiks VIII Modellering SINTEF**

**Appendiks IX Fangst og gjenfangst Rådgivende Biologer AS**

## Appendiks I Definisjoner og begrep

*I dette vedlegget gjør vi et forsøk på å beskrive hvordan ekspertgruppen har tolket noen av de viktigste begrepene som brukes i hovedrapporten, og begrensningene med disse. I tillegg til disse begrepene er det flere tekniske begrep som tas i bruk i de andre vedleggene. Vi har ikke repetert definisjonene av disse begrepene her ettersom de er beskrevet i detalj hvor dette er logisk.*

### **Lakselusindusert dødelighet**

*Lakselusindusert dødelighet* er et uttrykk som brukes vitenskapelig for å omtale den delen dødelighetsparameteren som kan knyttes til parasitten i et spesifikt datasett (Krkošek et al., 2011; Jackson et al., 2013; Krkosek et al., 2013; Vollset et al., 2015). Med uttrykket indusert menes altså at lakselusen er en del av årsaken til at en fisk dør. Vi har ikke mulighet til å estimere alle andre potensielle kilder til dødelighet og har heller ikke en oversikt over de (ettersom vi ikke vet hva laks dør av i havet). I teorien kan en fisk som har én lus på seg dø i kombinasjon med andre faktorer (for eksempel en fisk som er mildt påvirket av lus men sterkt påvirket av sult kan dø). På denne måten kan *lakselusindusert dødelighet* i teorien inntreffe allerede ved ekstremt lave nivåer. Vi har ingen data eller forsøk som kan svare på hvor vanlig dette forekommer i naturen.

Det er flere mål på overlevelse i epidemiologi (Dohoo et al., 2010). De mest vanlige og relevante i kontekst av luseinduserte dødelighet på populasjons nivå er *risikoforskjell* (RF), *relativ risiko* (RR) og *risikobidrag* (RB)

RF er den absolutte forandring i overlevelse i gruppen som er påvirket av lakselus versus gruppen som ikke er påvirket av lakselus. Det vil si hvis sjøoverlevelsen er naturlig 5 % og mens det i den påvirkede gruppen overlever 4% vil RF bli  $5 - 4 = 1\%$ .

RR er derimot det relative tallet mellom sjøoverlevelsen (eller risikoen) til en upåvirket og den teoretisk sett den samme gruppen eksponert for lakselus. For verdiene gitt over ville RR blitt  $5\% / 4\% = 1,25$ . Den sier altså at det er 1,25 ganger større sannsynlighet at en gruppe med fisk som ikke er påvirket av lakselus overlever til sammenligning med gruppen som er påvirket av lakselus (gitt at alle andre faktorer er like).

RB regner ut den relative reduksjonen (i prosent) i populasjonen som er påvirket av lakselus til sammenligning med den som ikke er påvirket. Dette kan enten regnes ut fra risk ratio som følger  $((1-1,25) / 1,25) * 100 = 20\%$ , eller direkte fra sjøoverlevelsen som følger  $((5\%-4\%)/5\%) = 20\%$ . Denne sier altså at det vil returnere 20% færre fisk tilbake til elven hvis lakselus påvirker en årsklasse relativt til hvis lakselus ikke hadde påvirkning. Det vil si at hvis det uten lus hadde returnert 1000 fisk ville det med lus returnert 800 fisk, eller hvis det uten lus hadde returnert 200 fisk ville det med lus returnert 160. I teorien er det denne verdien man ønsker å estimere ved å bruke lus på antall fisk og grenseverdier fra laboratorium (beskrevet under). Det er derimot mange

årsaker til at denne estimerte *lakselusinduserte dødeligheten* ikke vil stemme overens med RB slik det er definert i teksten over. I den videre teksten beskriver vi hvordan estimert lakselusindusert dødelighet er beregnet basert på laboratorieforsøk, og så hvordan denne verdien må vurderes relativt til RB.

### ***Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk***

I dag benyttes prosentvis innslag over en grenseverdi for en gitt lakselusdose (lus per gram fiskevekt) som en indikator for påvirkning av lakselus på vill laksefisk både i Havforskningsinstituttets (HI) risikovurdering (Taranger mfl. 2011) og i ”Kvalitetsnormer for laks - anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander” fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) (2011). VRL har imidlertid avgrenset sin vurdering til utvandrende laksesmolt (postsmolt), mens HI også har inkludert sjøørret og sjørøye. Grenseverdiene er blant annet derfor noe forskjellige, selv om hovedtilnærmingene er lik. Denne tilnærmingen har flere svakheter som diskuteres under. I mangel av noe bedre har likevel både HI og VRL valgt denne tilnærmingen som et første forsøk på å kvantifisere effekter, og dette er basisen for en felles omforent vurdering som presentert i Taranger mfl. (2012) (se kapittel 3.3 i Taranger mfl. 2012 for ytterligere informasjon angående disse beregningene). Siden eksperimentelle forsøk indikerer ulike fysiologiske og økologiske effekter på smolt og modnende fisk, har man valgt å foreslå omforente grenseverdier for: 1) laksesmolt og førstegangsutvandrende sjøørret og sjørøye, og 2) modnende sjøørret og sjørøye.

Det er i Taranger mfl. (2012) presentert en objektiv førstegenerasjons beregningsmetode for å kvantifisere effektene populasjonsmessig for begge disse gruppene gjennom en luseindeks. Dersom estimert bestandsreduksjon beregnet ut fra luseindeksen blir mindre enn 10, tilsvarer dette en liten påvirkning i henhold til VRL sin definisjon på redusert gytebestandsmål (GBM). Dersom luseindeksen blir mellom 10-30, tilsvarer dette en moderat påvirkning i henhold til VRL sin definisjon på redusert GBM. Dersom luseindeksen blir > 30, tilsvarer dette en stor påvirkning i henhold til VRLs sin definisjon på redusert GBM. Dette gir en objektiv metode for å vurdere bærekraft og er også grunnlaget for grenseverdiene som er foreslått i stortingsmelding om bærekraftig vekst i oppdrettsnæringen.

Basert på best tilgjengelig kunnskap er det i Taranger mfl. (2012) foreslått følgende beregningsmåte for luseindeks på laksesmolt og førstegangsutvandrende sjøørret og sjørøye < 150 g (**Tabell 1**):

**Tabell 1.** *Skjema for beregning av luseindeks for antatte effekter av lakselus på utvandrende laksesmolt og førstegangsutvandrende sjøørret og sjørøye <150 g: Samplet deles prosentvis inn i infeksjonsgrupper med antatt forskjellig effekt på individ. Indeks (% døde) for hver infeksjonsgruppe bestemmes ut fra til enhver tid best tilgjengelig kunnskap om forventet dødelighet innen infeksjonsgruppen. Summen av alle gruppene gir estimert bestandsreduksjon (%), og klassifiseres så i henhold til VRLs-definisjoner av liten (< 10 %), moderat (10-30 %) og stor (> 30 %) reduksjon i GBM. Inndeling i infeksjonsgrupper og forventet dødelighet må regelmessig*

revurderes når ny kunnskap tilsier det. Verdier fylles inn og gir en estimert bestandsreduksjon ut fra andel av populasjon i hver infeksjonsgruppe.

Infeksjonsgruppe (antall lus/fiskevekt)	Andel av populasjon (%)	Forventet dødelighet	Indeks
< 0,1		0 %	
0,1 - 0,2		20 %	
0,2 - 0,3		50 %	
> 0,3		100 %	
<b>Estimert bestandsreduksjon (%)</b>			

Her er det antatt at dødeligheten vil være 100 % i gruppen > 0,3 lus per gram fiskevekt, 50 % i gruppen 0,2–0,3 lus per gram fiskevekt, 20 % i gruppen 0,1–0,2 lus per gram fiskevekt og 0 % i gruppen < 0,1 lus per gram fiskevekt. Basert på best tilgjengelig kunnskap er det foreslått følgende beregningsmåte for luseindeks på veteranvandrere og modnende individer av sjørrret og sjørøye (Tabell 2).

**Tabell 2.** Skjema for beregning av luseindeks for antatte effekter av lakselus på veteranvandrere og modnende individer av sjørrret og sjørøye: se tabell 1 for forklaringer.

Infeksjonsgruppe (antall lus/fiskevekt)	Andel av populasjon (%)	Forventet dødelighet	Indeks
< 0,025		0 %	
0,025 - 0,05		20 %	
0,05 - 0,10		50 %	
0,10 - 0,15		75 %	
> 0,15		100 %	
<b>Estimert bestandsreduksjon (%)</b>			

Her er det antatt at dødeligheten eller avbrutt/kompromittert reproduksjon (Tveiten mfl. 2010) vil være 100 % i gruppen > 0,15 lus per gram fiskevekt, 75 % i gruppen 0,1–0,15 lus per gram fiskevekt, 50 % i gruppen 0,05–0,1 lus per gram fiskevekt, 20 % i gruppen 0,025–0,05 lus per gram fiskevekt, og 0 % i gruppen < 0,025 lus per gram fiskevekt. Konsekvensene er antatt å være mer alvorlige for modnende individer fordi osmoregulatorisk sammenbrudd og akutt dødelighet er observert allerede ved 0,1 lus per gram fiskevekt. Store osmoregulatoriske problemer og avbrutt modning (ca. 50 % av individene i eksperimentet, men merk at antall fisk undersøkt var lavt) er

observert ved 0,07 lus per gram fiskevekt (Tveiten mfl. 2010). Dette kan i tillegg ha store økologiske konsekvenser fordi utgytte hunner, som ofte har svært lav kondisjon ved utvandring, virker spesielt utsatt for økt dødelighet og avbrutt reproduksjon pga. lus (Tveiten mfl. 2010).

Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012, 2015, Serra-Llinares mfl. 2014) er basert på relativt kortvarige laboratorieforsøk, og verdiene må betraktes som veiledende og som førstegenerasjons indikatorverdi. Som påpekt av Taranger mfl. (2012) behøver disse verdiene videre verifisering og validering, særlig når formålet er å bestemme kritiske nivå av lakselus som grunnlag for bevaring og forvaltning. Dødelighet i naturen kan være høyere eller lavere enn det som registreres i laboratorieundersøkelser. Effektene av lakselus har for eksempel vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks som er påvirket også av andre faktorer som for eksempel dårlig vannkvalitet (Finstad mfl. 2007). Videre kan svekket fisk i naturen utsettes for en økt predasjonsrisiko (Thorstad mfl. 2012). Et redusert immunsystem kan derfor på lang sikt resultere i økt dødelighet på grunn av tilleggsfaktorer i naturen som fisken er beskyttet mot i laboratoriet, og dette kan ha betydning for fastsettelse av kritiske terskelnivå for dødelighet (Bjørn & Finstad 1997). På den andre siden så kan imidlertid fisken ikke reagere atferdsmessig til lusepåslaget i laboratoriet, det vil si den kan ikke søke til avlusingsområder i lav-saltholdig vann i overflaten eller estuariet og elva som den kan i naturen. Det er derfor mulig at adaptiv atferd i naturen kan redusere dødeligheten i forhold til verdier funnet i laboratorieundersøkelser.

### ***Hvordan tolker ekspertgruppen den estimerte luseindeksen***

Luseindeksen beskrevet over kan tolkes direkte som *lakselusindusert dødelighet*. Det er derimot flere problemstillinger med å regne ut en lakselusindusert dødelighet basert på enkle terskelverdier. En av hovedproblemstillingene er at vi vet at effekten av lus er kontekstavhengig. Et studie av Vollset et al. (2015) har blant annet vist at effekten lus er direkte korrelert med hvordan den generelle overlevelsen i havet er, slik at i år med dårlig overlevelse er effekten av lus stor, mens i år med god overlevelse er effekten av lus nesten ikke målbar. Grenseverdiene må altså sees på som dødelige i en sannsynlig kontekst (forhold i havet). Hovedproblemstillingen er at vi for en gitt smoltårsklasse (dvs smolt som vandrer ut i sjøen samme år) ikke kan vite på forhånd hvordan andre forhold i sjøen som påvirker laksens overlevelse (for eksempel matforhold) vil bli for denne årsklassen. Av den årsak vil grenseverdiene i noen tilfeller være overestimerer, mens i andre sammenhenger underestimerer. Selv ved en ny og bedre oppdatert tabell som tar hensyn til nye studier, vil man ikke kunne komme unna denne problemstillingen.

En annen intrikat problemstilling er selektiv dødelighet. Et eksempel på dette er størrelsesselektiv dødelighet. Denne mekanismen er godt kjent fra fiskeriøkologi hvor det ofte (men ikke alltid) er en sammenheng mellom sannsynligheten for at fisk dør og størrelsen på fisken (Peterson & Wroblewski, 1984). Ved å bruke grenseverdier for lakselusindusert dødelighet som er korrigert for størrelse vil det være de minste individene som har den største estimerte *lakseluseindusert dødeligheten*. Gitt at størrelsesselektiv dødelighet er en viktig mekanisme hos utvandrende laksesmolt vil det dermed være slik at fisken som har høyest sannsynlighet for å dø av lakselus i

utgangspunktet uansett hadde hatt en høyere sannsynlighet for å dø. Vi vet derimot lite om størrelsesavhengig dødelighet hos postsmolt av laks, dermed er det ikke mulig å beregne hva en slik effekt vil ha på estimatene våre.

Dette er definert i noen fagområder som kompensatorisk dødelighet. Dette må ikke forveksles med bruken av ordet «kompensatorisk» i forhold til tetthetsavhengighet. Det er allment antatt at laksens dødelighet i sjøen er uavhengig av tetthet (Jonsson et al., 1998). Dette betyr at hvis en får en 10 % ekstra dødelighet på postsmolt som følge av for eksempel lakselus så vil ikke dette gi økt overlevelse hos de postsmoltene som overlever gjennom lusebeltet. Økt dødelighet som følge av lakselus kan altså ikke *komponeres* ved at det gir økt overlevelse til resten.

### ***Bestand, populasjon og populasjons kompleks***

Uttrykkene bestand og populasjon brukes om hverandre i norsk lakseforvaltning. I økologi brukes ofte bestand om populasjonssenheter det høstes på, mens populasjon brukes i mer vitenskapelig sammenhenger. Populasjon er derimot også et rent statistisk uttrykk som omtaler et avgrenset antall individer. I det nye forvaltningssystemet er det lagt opp til at man skal beregne effekten av lakselus på vill laksefisk i sjø i et produksjonsområde. Innen hvert produksjonsområde er det derimot flere populasjoner ettersom man forvaltningsmessig opererer med bestander av laks i hver elv. Dette betyr i praksis at for et produksjonsområde vil «populasjonen» faktisk bestå av flere populasjoner fra hver elv. I teorien kan man se for seg at man operer med to «populasjons definisjoner»: «produksjonssone populasjon» og «elvepopulasjon». I biologisk sammenheng er ikke produksjonssone populasjon en «ekte» populasjon, ettersom det egentlig kun er en konvensjon til bruk i forvaltningssystemet. Som en konsekvens vil ikke «lakselusindusert dødelighet» estimert for «produksjonssone populasjonen» faktisk reflektere en definisjon som kan fundamenteres i biologiske termer, ettersom den kun eksisterer i forvaltningssystemet. I kunnskapsoppsummeringen fra 2016 (Karlsen et al., 2016) ble ordet *populasjon* bruk for å uttrykke «produksjonssone populasjon» og *bestand* for å uttrykke *elvepopulasjon*. Vi har kommet fram til at dette var forvirrende etter som ordene ofte brukes i spesifikke vitenskapelig sammenhenger. Vi har derfor valgt å gå tilbake til enkle termer der vi bruker «bestand» for elvepopulasjoner, og skriver at vi snakker om overordnet vurdering av bestander når vi snakker om «produksjonssone populasjon».

Dette er en terminologisk pedagogisk problemstilling mer enn en biologisk problemstilling. Hovedproblemstillingen er spørsmålet hvordan man skal vektlegge de enkelte bestandene (eller elvepopulasjonene) i overordnet vurdering i produksjonssonen. I et nylig innsendt arbeid går Vollset et al. (submitted) gjennom forskjellige forslag å regne ut dette på.

- A. Førre var-tilnærming – Utrekning av lakselusindusert dødelighet skjer kun på bestandsnivå slik at estimatet for en produksjonssone baseres på den “verste” verdien



fra en elv. Det vil si; hvis en elv kommer over grenseverdien for rødt så blir hele produksjonssonen rød.

- B. Gjennomsnittstilnærming – Utregningen av lakselusindusert dødelighet enten ved at man regner ut hvor mange smolt av totalt antall smolt i et produksjonsområde som dør, eller at man tar snittverdien av alle elver for et område og baseres seg på det.
- C. Vektet tilnærming - Det siste forslaget er å vekte forskjellige elver basert på et sett med kriterier. Dette kan være størrelsen til elven, men også viktigheten av elven i forhold til politiske dokumenter (eksempelvis nasjonal laksefjorder). Eventuelt å legge vekt på oppnåelse av gytebestandsmål og sårbarhet i område.

I mandatet til ekspertgruppen er det ikke lagt opp til at ekspertgruppen skal ta hensyn til viktigheten av elven i forhold til politiske dokumenter. Dermed er den eneste muligheten vi har i dette dokumentet å framlegge utregninger som kan brukes til tilnærming A og B. HI sin vurdering har valgt å kun presentere bestandsspesifikke estimater, mens VI har valgt å presentere både bestandsestimater og snittestimater.

### ***Faktorer som påvirker populasjonsvekst men ikke dødelighet***

Vår oppgave som ekspertgruppe er å spesifikt vurdere lakselusindusert dødelighet (definert over). I teorien er det klart at parasitter kan ha effekter som ikke er direkte dødelige, men allikevel kan påvirke populasjonsveksten og evolusjonen til de forskjellige populasjonene. En parallell til dette i annen økologi er «non-consumptive predation effects». Kort kan dette forklares med at tilstedeværelsen av en predator kan ha stor effekt på populasjonsveksten til en byttedyrspopulasjon ettersom det kan hindre arten i få tilgang til mat eller at den må bruke mye energi på å anti-predator atferd. Lakselus er et godt eksempel på at sjøørret som blir påvirket av lus vil få osmoregulatoriske problemer og måtte svømme tilbake i ferskvann for å utjevne den osmotiske ubalansen, i tillegg til å avluse seg (lakselus tåler ikke ferskvann over lengre tid). Mange individer vil kunne overleve til dels høye påslag av lus, men vil samtidig ha mistet viktige muligheter til å vokse i sjøen (Birkeland and Jakobsen, 1997). Anekdotisk er det blitt hevdet at sjøørretpopulasjoner har fått et mye mindre innslag av anadrome fisk som en konsekvens av lakselus. Dette er veldig vanskelig å dokumentere ettersom det er flere faktorer (både genetisk og fenotypisk) som påvirker valget om anadromi.

Et annet livshistorievalg som blir påvirket av lakselus er alder ved kjønnsmodning. Vollset et al. (2014) har blant annet vist at ubehandlede laks kjønnsmodner senere enn laks behandlet mot lakselus. Effekten av dette på populasjonen er ikke enkelt å forutse. En slik effekt kan nemlig både være positiv for populasjonsveksten (ettersom eldre fisk er større og kan produsere flere egg) eller negativ (hvis veksten i havet ikke kompenserer tilleggsdødeligheten ved å bli i havet et år til). Slike effekter vil ikke kunne kvantifiseres ved å regne ut hvor stor andel av fisken som dør.

### ***Er det mulig å kvantifisere «dødelighetsandelen som skyldes lakselus produsert i oppdrettsanlegg»?***

Det korte svaret på dette er *nei*. Forutsetningen for modellene som brukes i denne vurderingen er derimot at det er kun lakselus i oppdrettsanlegg som produserer lakselus. Dette er åpenbart en forenkling av virkeligheten, men det kan argumenteres for at i områder med oppdrettsanlegg er det hovedsakelig oppdrettsanlegg som er kilden til lakselus (med mindre oppdrettsanleggene er brakklagt/ nylig brakklagt). Det å skille på hvor stor andel av villfisken som dør på grunn av lus som spesifikt er produsert i oppdrettsanlegg er ikke bare praktisk umulig, det er også teoretisk umulig. Et individ som dør på grunn av den samlede belastningen fra lus fra både villfisk kilder og oppdrettskilder vil ikke ha en dødelighetsandel som kan skyldes den ene eller den andre type lus.

En annen problemstilling er at produksjon av lus i et område ikke bare fører til direkte smitte fra oppdrett til villfisk, men en generell økning av antallet lus på villfisk, som da vil føre til en endret smittedynamikk blant villfisken. «Skyldspørsmålet» i «dødelighetsandelen» blir dermed enda mer komplisert ettersom man må stilling til om lusesmitte fra villfisk som skyldes at de er blitt smittet av lus fra oppdrettsanlegg skal regnes inn i «dødelighetsandelen som skyldes [...] oppdrettsanlegg». Dette blir derimot mer en teoretisk øvelse ettersom vi ikke har informasjon per dags dato som kan svare på slike spørsmål. I praksis er det derimot to typer data vi må ta stilling til (1) modellerte data som kun har tatt utgangspunkt i smitte fra oppdrettsanlegg, og (2) overvåkingsdata hvor man ikke kan skille mellom de to smitekildene. Vår antagelse er at det er en korrelasjon mellom disse og vi dermed kan bruke modellestimer til å evaluere situasjonen utenfor områder der vi ikke har felt data. Dette er vist i flere publikasjoner - selv om det også er tilfeller der modeller avviker fra feltobservasjoner (Serra-Llinares et al., 2014; Sandvik et al., 2016; Serra-Llinares et al., 2016; Shephard et al., 2016). Denne korrelasjonen beviser derimot ikke hva den direkte kilden til lus er, og vår evaluering må derfor sies å være en vurdering av den totale lakselusmitten i et område.

### ***Andre viktige begrep***

#### **Gytebestandsmål:**

Dette uttrykket beskriver hvor mye gytefisk som må være igjen om høsten for at elvas bærekapasitet for laksunger skal kunne nås. Dette målet er en elvespesifikk størrelse på gytebestand som forvaltere skal søke å nå. Gytebestandsmålet er gitt som antall egg (per m<sup>2</sup> elvebunn) eller vekt av hunner (kg) som er nødvendig for å utnytte vassdragets bærekapasitet og produsere så mange smolt som mulig. Et eventuelt fiske skal gjennomføres på det høstbare overskuddet.

#### **Bærekapasitet:**

Hvor mange ungfisk (smolt) det kan leve på et område.

Norske laksebestander forvaltes etter disse gytebestandsmålene og VRL utarbeider årlige statusrapporter for GBM oppnåelse for en rekke norske laksebestander (Vitenskapelig råd for

lakseforvaltning 2016 a,b). Prinsipper for denne forvaltningen er nærmere beskrevet i disse rapportene fra VRL og i Forseth et al. (2013).

### **Referanser**

- Anon. 2011. Kvalitetsnormer for laks – anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 1. 105 s.
- Birkeland, K., and Jakobsen, P. J. 1997. Salmon lice, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation as a causal agent of premature return to rivers and estuaries by sea trout, *Salmo trutta*, juveniles. *Environ. Biol. Fish.*, 49: 129-137.
- Bjørn, P. A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolts. *Nordic J. Freshw. Res.* 73, 60-72.
- Finstad, B., Kroglund, F., Strand, R., Stefansson, S. O., Bjørn, P. A., Rosseland, B. O., Nilsen, T. O. & Salbu, B. (2007). Salmon lice or suboptimal water quality - Reasons for reduced postsmolt survival? *Aquaculture* 273, 374-383.
- Dohoo, I., Martin, W., and Stryhn, H. 2010. *Veterinary Epidemiologic Research*. 865 pp.
- Forseth, T., Fiske, P., Barlaup, B., Gjørseter, H., Hindar, K. & Diserud, O.H. 2013. *Environmental Conservation* 40: 356-360.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., et al. 2013. Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases*, 36: 273-281.
- Jonsson, N., Jonsson, B., & Hansen, L. P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 67: 751-762.
- 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.
- Krkošek, M., Connors, B. M., Ford, H., Peacock, S., Mages, P., Ford, J. S., Morton, A., et al. 2011. Fish farms, parasites, and predators: implications for salmon population dynamics. *Ecological Applications*, 21: 897-914.
- Krkosek, M., Revie, C. W., Gargan, P. G., Skilbrei, O. T., Finstad, B., and Todd, C. D. 2013. Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 280.
- Peacock, S. J., Connors, B. M., Krkosek, M., Irvine, J. R., and Lewis, M. A. 2014. Can reduced predation offset negative effects of sea louse parasites on chum salmon? *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 281.
- Peterson, I., and Wroblewski, J. 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 1117-1120.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarðhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M., et al. 2016. Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 527-542.
- Serra-Llinares, R. M., Bjorn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., Harbitz, A., Berg, M., and Asplin, L. 2014. Salmon lice infection on wild salmonids in marine protected areas: an evaluation of the Norwegian 'National Salmon Fjords'. *Aquaculture Environment Interactions*, 5: 1-16.

- Serra-Llinares, R. M., Bjørn, P. A., Finstad, B., Nilsen, R., and Asplin, L. 2016. Nearby farms are a source of lice for wild salmonids: a reply to Jansen et al. (2016). *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 351-356.
- Shephard, S., MacIntyre, C., and Gargan, P. 2016. Aquaculture and environmental drivers of salmon lice infestation and body condition in sea trout. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 597-610.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Madhun, A. S. & Boxaspen, K. K. (2011). Risk assesment of environmental impact of Norwegian aquaculture 2010 [Risikovurdering miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2010] (in Norwegian). *Fisken og Havet*, særnr. 3-2010, 93 s.
- Taranger, G. L., Karlsen, Ø., Bannister, R. J., Glover, K. A., Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B. O., Boxaspen, K. K., Bjørn, P. A., Finstad, B., Madhun, A. S., Morton, H. C. & Svåsand, T. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES J. Mar. Sci.* 72, 997-1021.
- Taranger, G. L., Svåsand, T., Bjørn, P. A., Jansen, P. A., Heuch, P. A., Grøntvedt, R. N., Asplin, L., Skilbrei, O. T., Glover, K. A., Skaala, Ø., Wennevik, V. & Boxaspen, K. K. (2012). Forslag til førstegangs målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på villlevende laksefiskbestander In *Fisken og Havet 13-2012 Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7-2012*.
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *J. Fish Biol.* 81, 500-542.
- Tveiten, H., Bjørn, P. A., Johnsen, H. K., Finstad, B. & McKinley, R. S. (2010). Effects of the sea louse *Lepeophtheirus salmonis* on temporal changes in cortisol, sex steroids, growth and reproductive investment in Arctic charr *Salvelinus alpinus*. *J. Fish Biol.* 76, 2318-2341.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2016a. Status for norske laksebestander i 2016. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9. 189 s.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. 2016b. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9b. 849 s.
- Vollset, K. W., Barlaup, B. T., Skoglund, H., Normann, E. S., and Skilbrei, O. T. 2014. Salmon lice increase the age of returning Atlantic salmon. *Biol Lett*, 10: 20130896.
- Vollset, K. W., Krøntveit, R. I., Jansen, P. A., Finstad, B., Barlaup, B. T., Skilbrei, O. T., Krkošek, M., et al. 2015. Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries*: n/a-n/a.

## Appendiks 2a: Oversikt over laksevassdrag

Peder Fiske, Bengt Finstad og Ola Ugedal

Norsk institutt for naturforskning, Trondheim

I henhold til Miljødirektoratet er det om lag 450 vassdrag med laksebestander i Norge. For 439 vassdrag er det fastsatt et gytebestandsmål som angir hvor mye gytefisk som må være igjen om høsten for at elvas bærekapasitet for laksunger skal kunne nås. Dette målet er en elvespesifikk størrelse på gytebestand som forvaltere skal søke å nå. Gytebestandsmålet er gitt som antall egg (per m<sup>2</sup> elvebunn) eller vekt av hunner (kg) som er nødvendig for å utnytte vassdragets bærekapasitet og produsere så mange smolt som mulig. Gytebestandsmålet er satt med usikkerhetsgrenser. I vår oversikt over GBM gitt som antall kg hunnlaks har vi tatt utgangspunkt i midtverdien for dette målet. I vår oversikt har vi inkludert alle laksevassdrag med et gytebestandsmål på mer enn 10 kg hunnlaks. For Uskedalselva er det ikke satt gytebestandsmål, men fangster og gytefisktellinger tyder på at vassdraget har laksebestand. Det ble derfor gjort en grov beregning av gytebestandsmålet i dette vassdraget basert på foreløpige arealberegninger og eggtetthet beregnet for nærliggende vassdrag. Totalt omfatter denne oversikten 401 vassdrag (se tabell 1 og vedleggstabell).

Gytebestandsmålene for laks i norske vassdrag er under revisjon og det kan være at enkelte av disse blir revidert. Selv om vi er kjent med at gytebestandsmålet for enkelte vassdrag er gjenstand for mulig revisjon har vi i denne sammenstillingen valgt å benytte de gytebestandsmålene som er angitt i vedleggstabell 1 i den siste publiserte statusrapporten til Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anonym 2016).

**Tabell 1.** Samlet oversikt over antall vassdrag og antall nasjonale laksevassdrag (NLV) i de ulike produksjonsområdene, samlet totalt gytebestandsmål (GBM, i kg hunnlaks) og estimert total teoretisk smoltproduksjon (antall smolt) i de ulike områdene.

Produksjons-område	Navn	GBM (kg hunnlaks)	Teoretisk smoltprod.	Antall vassdrag	Antall NLV
1	Svenskegrensen - Karmøy	49674	2182362	38	6
2	Ryfylke	8999	437597	18	2
3	Karmøy - Sotra	3838	185173	12	1
4	Nordhodaland - Stad	21030	747969	40	11
5	Stad - Hustadvika	18193	528726	44	2
6	Nordmøre - STrøndelag	87257	2389018	62	11
7	NTrøndlag - Bindal	27029	902265	22	2
8	Helgeland - Salten	18463	364374	30	3
9	Vestfjorden - Vesterålen	6740	193488	58	0
10	Andøya - Senja	12339	328013	24	2
11	Kvaløya - Loppa	8551	141245	17	2
12	Vest-Finnmark	26803	587488	18	5
13	Øst-Finnmark	75392	1110565	18	6
<b>Sum</b>		<b>364308</b>	<b>10098282</b>	<b>401</b>	<b>53</b>

Med utgangspunkt i gytebestandsmålet kan det beregnes en **teoretisk smoltproduksjon** for hvert vassdrag. Ved disse beregningene er det antatt at laksen gyter 1450 egg per kilo kroppsvekt. Teoretisk smoltproduksjon er beregnet ut fra kunnskap om smoltalder (det vil si hvor mange år laksungene lever i ferskvann før de vandrer ut som smolt) i vassdragene og standardverdier for overlevelse hos laksunger i ferskvann. Det er antatt 10 prosent overlevelse første år deretter 50 prosent overlevelse per år. Der

fysiske forhold gjør disse antagelsene spesielt urealistiske er overlevelsen skjønnsmessig justert (se Hindar mfl. (2007) for nærmere beskrivelse). Her har vi brukt de overlevelsesestimaterne for ulike vassdrag som er angitt i tabell 4 i Hindar mfl. (2007). For vassdrag som ikke er med denne tabellen har vi brukt overlevelsesestimatet for det nærmeste vassdraget som er med i tabellen.

Ut fra teoretisk smoltproduksjon har vi beregnet de ulike vassdragenes bidrag til den teoretiske bestanden av utvandrende laksesmolt i de ulike produksjonsområdene (se vedleggstabell). Dette gir en grov vurdering av andelen av laksesmolt som ved optimale forhold tilhører ulike vassdrag i et produksjonsområde.

Smoltproduksjonen varierer mellom år i vassdrag og den virkelige produksjonen kan være både høyere og lavere enn den teoretiske beregnede verdien (Jonsson mfl. 1998, Hvidsten mfl. 2004). En årsak er at laksungenes overlevelse varierer som følge av variasjoner mellom år i fysiske forhold knyttet til vannføring som for eksempel lav sommer- eller vintervannføring og flommer (Jensen & Johnsen 1999, Hvidsten mfl. 2015, Jonsson & Jonsson 2016), variasjoner mellom år i vanntemperatur og vannkvalitet og variasjoner mellom år i biologiske forhold som blant annet konkurranse innen og mellom fiskearter og predasjon på ungfisk og smolt (Einum & Nislow 2011, Nislow mfl. 2011, Ward & Hvidsten 2011).

Ved beregning av teoretisk smoltproduksjon har vi ikke tatt hensyn til at smoltproduksjonen i vassdragene kan være redusert som følge av ulike ytre påvirkninger. I enkelte vassdrag er produksjonen av laks for eksempel redusert som følge av at laksungene er infisert med *Gyrodactylus salaris* (Refs). Dette gjelder blant annet Lierelva, Drammenselva og Driva. I andre vassdrag er bestandene under gjenoppbygging etter at det er gjennomført behandlinger for å utrydde *Gyrodactylus*, for eksempel Lærdalselva, Rauma, Vefsna, Rana, Røssåga og Skibotn. I flere vassdrag er denne gjenoppbyggingen ikke fullført og i påvente av at vassdragene friskmeldes er bare deler av vassdragene åpnet for naturlig gyting og utsetting av egg og yngel. Dette gjelder for eksempel Vefsna hvor de store produksjonsområdene oppstrøms Laksforsen foreløpig ikke er åpnet for lakseproduksjon. Dette gjør nødvendigvis at realisert smoltproduksjon er mindre enn teoretisk smoltproduksjon i Vefsna, som den også er i mange av de andre vassdragene hvor det nylig er gjennomført tiltak mot *Gyrodactylus*.

Redusert smoltproduksjon er også å forvente i vassdrag som i flere år på rad ikke når gyte-bestandsmålet (Hindar mfl. 2011). Vi har ikke forsøkt å korrigere for slike forhold ved beregning av forventet antall og andel smolt produsert i ulike vassdrag innen et produksjonsområde.

## Referanser

Anonym 2016. Status for norske laksebestander i 2016. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9. 189 sider.

Einum, S. & Nislow, K.H. 2011. Variation in population size through time and space: theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. S. 277-298, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.

Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Sloreid, S.-E., Saltveit, S. J., Sægrov, H., & Sættem, L. M. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 78 sider.

Hindar, K., Hutchings, J.A., Diserud, O.H. & Fiske, P. 2011. Stock, recruitment and exploitation. S. 299-331, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.

Hvidsten, N. A., Johnsen, B. O., Jensen, A. J., Fiske, P., Ugedal, O., Thorstad, E. B., Jensås, J. G., Bakke, Ø., & Forseth, T. 2004. Orkla, et nasjonalt referansevasdrag for studier av bestandsregulerende faktorer hos laks. Samlerapport for perioden 1979 - 2002. NINA Fagrapport, 079. 96 sider.

Hvidsten, N. A., Diserud, O. H., Jensen, A. J., Jensås, J. G., Johnsen, B. O., & Ugedal, O. 2015. Water discharge affects Atlantic salmon *Salmo salar* smolt production: a 27 year study in the River Orkla, Norway. *Journal of Fish Biology*, 86: 92-104.

Jensen, A. J., & Johnsen, B. O. 1999. The functional relationship between peak spring floods and survival and growth of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*). *Functional Ecology*, 13: 778-785.

Jonsson, B. & Jonsson, N. 2016. Fecundity and water flow influence the dynamics of Atlantic salmon. *Ecology of Freshwater Fish*. DOI: 10.1111/eff.12294.

Jonsson, N., Jonsson, B., & Hansen, L. P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 67: 751-762.

Nislow, K.H., Armstrong, J.D & Grant, J.W.A. 2011. The role of competition in the ecology of juvenile Atlantic salmon. S. 171-220, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.

Ward, D.M. & Hvidsten, N.A. 2011. Predation: compensation and context dependence. S. 199-220, i: Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal (eds.): Atlantic salmon ecology. Blackwell Publishing, Oxford.

## **Appendiks 2b: Utvandringstidspunkt for laksesmolt i Norge ved vurdering av lakselusindusert dødelighet på smolt av villaks**

**Ola Ugedal<sup>1</sup>, Bjørn Barlaup<sup>2</sup>, Bengt Finstad<sup>1</sup>, Øystein Skaala<sup>3</sup>, Harald Sægrov<sup>4</sup> og Knut Wiik Vollset<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Norsk institutt for naturforskning, <sup>2</sup>UNI-Research, <sup>3</sup>Havforskningsinstituttet, <sup>4</sup>Rådgivende Biologer**

I forbindelse med modellering av risiko for lusepåslag på laksesmolt var det behov for å angi sannsynlig tidspunkt for utvandring for de 401 vassdragene som inngår i vurderingen av lakselusindusert dødelighet (se vedleggstabell). I dette appendikset gis en kort framstilling av hvordan dette ble gjennomført.

I de senere årene er det presentert flere sammenstillinger av tidspunkt for smoltutvandring for laks fra norske vassdrag (Ugedal mfl. 2014 - tabell 2.3; Otero mfl. 2014 – supplementary table 1), senest i rapporten om kunnskapsstatus ifm handlingsregel lakselus (Karlsen mfl. 2016 - tabell 2.1). I denne siste rapporten ble det presentert data for utvandring av laksesmolt fra 25 norske vassdrag. Disse sammenstillingene danner hovedgrunnlaget for vårt arbeid. For referanser til undersøkelser i de ulike vassdragene vises til oppsummeringstabeller i disse publikasjonene. I tillegg har vi supplert med upubliserte data fra undersøkelser av utvandring av laksesmolt de senere årene fra UNI-Research, HI og NINA. I noen tilfeller gjør dette at samlemaalene for tidspunkt for smoltutvandring har blitt noe endret sammenliknet med tidligere sammenstillinger ettersom tidsseriene har blitt lengre.

Otero mfl. (2014) modellerte utvandringstidspunkt for laksesmolt og fant at tidspunktet for starten av utvandringen, definert som tidspunkt for 25 % årlig fangst av smolt, gjennomgående økte med økende breddegrad langs kysten av Norge. I henhold til denne modelleringen endrer forventet tidspunkt for start seg relativt lite med breddegrad fra lengst sør i Norge og opp til de midtre deler av Nordland (om lag 20 dager). Forventet utvandringstidspunkt var om lag 40-50 dager senere i Finnmark enn i de sørligste delene av Norge. Samtidig er det viktig å påpeke at studien til Otero mfl. (2014) hadde som hovedmål å evaluere om klimaendring har påvirket utvandringstidspunktet til laksesmolt på et globalt nivå. For å kunne evaluere dette ble elvene modellert med det som kalles en «random-effekt», og studien peker på at det er en stor uforklart variasjon både mellom elver, og i hvor stor grad utvandringen til hver populasjon påvirkes av vanntemperatur. I en kontekst hvor man skal evaluere hvordan bestander påvirkes av lakselus er det dermed viktig å ta med denne variasjonen.

Vi har i alle fall to forskjellige muligheter med hensyn til modellering av utvandringstidspunkt når vi skal vurdere risiko for lusepåslag på utvandrende laksesmolt.

- 1) Vi kan benytte en felles utvandringsperiode for alle bestander innen en region. Ved en slik tilnærming vil avstanden til grunnlinja og smoltens vandringsvei og vandringshastighet ha avgjørende betydning for modellresultatet fordi det i de fleste tilfeller er sent utvandrende smolt som har størst risiko for å møte lus.
- 2) Vi kan forsøke å ta hensyn til at utvandringsperioden varierer mellom vassdrag, det vil si at vassdrag vi vet eller tror har tidligere eller senere utvandring enn referansevassdrag (vassdrag med lengre tidsserier) i regionen gis en litt forskjøvet utvandringsperiode enn den regionbaserte. Ideelt burde dette være basert på statistiske analyser av variasjoner i utvandringstidspunkt mellom elver i forhold til sannsynlige omgivelsesvariable som påvirker utvandringen. Foreløpig har det ikke blitt gjennomført slike statistiske analyser, men det bør være en prioritert oppgave framover.



Alternativ 2 ble valgt her for å foreslå sannsynlige utvandringstidspunkt for de 410 laksevasdragene ved denne vurderingen av risiko for dødelighet som følge av luseinfestasjon. De foreslåtte utvandringstidspunktene må ses på som foreløpige og disse vil bli modifisert ettersom vi får mer kunnskap om utvandringen i nye vassdrag og vi får gjennomført statistiske analyser for å bedre å belyse variasjon i tidspunkt for utvandring mellom vassdrag innen år og innen vassdrag mellom år.

### **Standardiserte utvandningsforløp for et middels utvandringstidspunkt**

Ved fastsettelse av sannsynlig utvandringstidspunkt tok vi utgangspunkt i data for smoltutvandring av laks fra Mandalselva, Imsa, Guddalselva, Vosso, Daleelva i Vaksdal, Eira, Orkla og Halselva. Dette er vassdrag med lengre tidsserier (10 år eller mere) for utvandring. For hvert vassdrag ble median tidspunkt for 25 % utvandring tidsserien beregnet. Tidspunkt for 25 % utvandring kan aneeses 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 (jfr. også Otero mfl. 2014). Starten for utvandringen (som kanskje best beskrives med tidspunkt for 5 % utvandring) ble satt til å skje 10 dager før tidspunkt for 25 % utvandring. Et tidsrom på 10 dager synes å stemme noenlunde bra for mange datasett (for eksempel Imsa (Jonsson & Jonsson 2014) og Daleelva i Vaksdal (Vollset mfl. 2016). Dessuten ble den totale utvandningsperioden satt til å vare i 40 dager. En 40 dagers utvandningsperiode er sannsynligvis noe for lang i en god del tilfeller, i alle fall for mindre vassdrag med lite variasjon i fysiske forhold på lakseførende strekning. Dette vil kunne innebære at risiko for dødelighet av lus kan bli overvurdert i tilfeller hvor mengde lus i vandringsruta øker utover i sesongen. Størrelsen på en eventuell overvurdering vil avhenge av hvor godt samsvar det er mellom virkelig og antatt tidspunkt for hovedutvandring. Det kan imidlertid argumenteres med at et slikt valg betyr at en tar høyde for at det er en stor usikkerhet knyttet til å overføre data for utvandringstidspunkt og forløp fra vassdrag med data til vassdrag hvor en ikke har slike opplysninger. En lang utvandningsperiode vil kunne dekke noe av denne usikkerheten.

På den andre siden kan også den totale utvandningsperioden i mange vassdrag være lengre enn 40 dager (for eksempel Halselva (Jensen mfl. 2012), Imsa (Jonsson & Jonsson 2014), Daleelva i Vaksdal (Vollset mfl. 2016) og Vosso (UNI-Research upubliserte data). I enkelte vassdrag kan det også være en "hale" mot slutten av smoltutvandringen som ikke fanges opp av de undersøkelsene som er gjennomført og danner grunnlaget for sammenstilling av data vedrørende utvandringstidspunkter. Dette kan skyldes minst to forhold: 1) at undersøkelsene av ulike årsaker er avsluttet før hele utvandringen er over (ikke så uvanlig pga. økonomi og andre forhold), 2) at fangsteffektiviteten til mindre feller som fangster i en liten del av elvetvernsnittet, avtar utover i sesongen (jfr. Ugedal mfl. 2014). Det finnes noe belegg for slike haler fra flere vassdrag: Suldalslågen (observasjon av smolt på video etter at fellefangsten var avsluttet i 2012 (Lamberg mfl. 2013), Aurlandselva: (observasjon av smolt på video etter at fellefangsten var avsluttet i 2006 (Lamberg mfl. 2007) og det hevdes at det år om annet ble observert en god del smolt ved Bjørsetdammen (nedstrøms Meldal) i Orkla etter at smoltfellefangsten ved Meldal var avsluttet. Flere eksempler kan sikkert også finnes. At slike haler ikke er med i beregningen av ulike mål på smoltutvandring vil for eksempel bety at tidspunktene for 25 og 50 % utvandring vil være noe feilvurderte (typisk så vil de bli vurdert å skje for tidlig) for smoltbestanden som helhet og utvandningsperiodens typiske lengde vil være undervurdert. I populasjoner med en utvandningsperiode på over 40 dager hvert år vil risiko for dødelighet av lus kunne undervurderes i tilfeller hvor mengde lus i utvandningsruta øker utover i sesongen. Hvor stor andel av populasjonen som vandrer sent vil være viktig for størrelsen på feilen i slike tilfeller. Hvilke vassdrag hvor det er sannsynlig med en utvandningsperiode på over 40 dager hvert år må vi ta stilling til i det videre arbeidet, og det må også vurderes hvordan dette skal håndteres i modellering av lusepåslag på virtuell smolt. Hvor stor andel av populasjonen som vandrer sent vil dermed være viktig for størrelsen på feilen i slike tilfeller.

Antall dager mellom 25 % og 50 % utvandring (eller fangst/observasjon) varierer mellom år innen vassdrag. For vassdrag med fangst av smolt i heldekkende feller varierer for eksempel antall dager mellom disse to tidspunktene mellom 1-18 dager for dataserien fra Guddalselva, mellom 4-17 dager for Daleelva i Vaksdal og mellom 2-24 dager for Halselva. For vassdrag med langtidsserier fra fangst i mindre smoltfeller er denne variasjonen også betydelig. For eksempel så varierer dette mellom 0-14 dager for dataserien fra Eira, mellom 1-22 dager for Orkla, mellom 2-13 dager for Vosso og mellom 2-14 dager i Mandalselva. For enkelte dataserier fra vassdrag med videoobservasjon kan denne variasjonen mellom år synes å være mindre (for eksempel Lamberg mfl. 2014, 2015).

Her ble det valgt å benytte en fast verdi på 10 dager for alle vassdrag. En felles verdi for varigheten av utvandringen og antall dager mellom 25 og 50 % utvandring for alle vassdrag vil bety at alle bestander modelleres med samme type fordeling for utvandningsforløp i de modellkjøringene som skal gjennomføres. Dette synes å være en fornuftig første tilnærming til modelleringsarbeidet for ikke å introdusere for mye variasjon i for mange faktorer samtidig ved testkjøringene for lusepåslag hos virtuell smolt. På sikt kan det være nødvendig å revurdere denne antagelsen.

Avstand fra sjø. Det er ulik avstand fra sjøen for tellestedene i referansevassdragene, men vi har foreløpig sett bort fra denne variasjonen ved sammenlikning av elver og tidspunkt (i tråd med Otero mfl. 2014) da vi primært er interessert i utvandring fra vassdraget og ikke er ute etter å si noe om den smolten som går forbi et spesielt tellepunkt. Hvis tellepunktet ligger langt oppe i et vassdrag vil det nødvendigvis gå noe tid før akkurat denne smolten kommer ut i sjøen, men det vandrer jo også ut smolt fra områder nedstrøms tellepunktet, og hvis det ikke er slik at smolt fra oppstrøms områder starter vandringen vesentlig tidligere enn smolt fra nedstrøms områder så vil det vandre smolt ut i sjøen fra de nedre deler samtidig som det skjer vandring lengre opp i vassdraget. Vi har begrenset kunnskap om hvor raskt smolt vandrer nedstrøms i elvene og også om starten på smoltutvandringen skjer på forskjellig tid i ulike deler av vassdraget (se Ugedal mfl. 2014 og Otero mfl. 2014).

Alle utvandningsforløp i referansevassdragene ble altså standardisert med utgangspunkt i tidspunkt for 25 % utvandring, med start 10 dager før og 50 % utvandring 10 dager etter. Den totale utvandningsperioden ble satt til å vare i 40 dager (Tabell 1).

**Tabell 1.** Standardiserte tidspunkt for smoltutvandring i ulike referansevassdrag benyttet som utgangspunkt for å sette sannsynlige utvandringstidspunkt for norske laksevassdrag.

Referansevassdrag	Tidspunkt for smoltutvandring				
	Start	25 %	50 %	Slutt	
Mandalselva	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.	
Imsa/Guddalselva hybrid	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.	
Vosso	01.mai	11.mai	21.mai	10.jun	
Daleelva i Vaksdal	05.mai	15.mai	25.mai	14.jun	
Eira	01.mai	11.mai	21.mai	10.jun	
Orkla	30.apr.	10.mai.	20.mai.	09.jun.	
Halselva	03.jun.	13.jun	23.jun	13.jul	

Ved fastsettelse av sannsynlig utvandringstidspunkt i ulike regioner tok vi utgangspunkt i disse standardiserte smoltutvandnings-periodene fra referansevassdrag fra samme eller nærmeste region. For vassdrag med få års data ble utvandringstidspunktet for den respektive elva sammenliknet med referansevassdraget. Vi sammenliknet hvor mange dager forskjell det var mellom tidspunkt for 25 % utvandring (eller 50 % utvandring) i samme år i de to elvene. Dette gir en pekepinn på om utvandringen er systematisk forskyvet i tid mellom de to vassdragene. Vassdrag som i slike sammenlikninger hadde minst en ukes forskyvning i tidspunkt for utvandring i flere år ble gitt et sannsynlig utvandningsforløp

som var forskjellig fra referansevassdraget, og forskjøvet en uke (tidligere utvandring) fram eller en til to uker tilbake (senere utvandring).

For vassdrag uten data om utvandringstidspunkt ble det i utgangspunktet benyttet data fra nærmeste vassdrag med opplysninger. Her ble det også tatt hensyn til vassdragenes beliggenhet, som for eksempel om vassdraget ligger kystnært eller ikke, om nedslagsfeltet er lavtliggende eller høytliggende og om til dels om vassdraget er komplekst (det vil si har sidevassdrag og/eller innsjøer som laksen må passere gjennom) eller ikke. For enkelte vassdrag har vi foreslått en noe tidligere utvandningsperiode enn referansevassdraget basert på skjønn. Dette gjelder hovedsakelig kystnære vassdrag med relativt lavtliggende nedslagsfelt, og for slike har vi flyttet utvandnings perioden fram med en uke sammenliknet med referansevassdraget. For noen vassdrag (mer høytliggende nedslagsfelt) har vi også flyttet utvandningsperioden tilbake med en uke eller to basert på skjønn.

### **Variasjoner mellom år.**

Variasjonen mellom år i tidspunkt for 25 % og 50 % utvandring (eller fangst/observasjon) i samme vassdrag er i størrelsesorden fra to uker opptil en måned i vassdrag hvor en har fem eller flere års data (se oppsummeringer i Ugedal mfl. (2014) og Karlsen mfl. 2016). Variasjonen i tidspunkt mellom år er med andre ord minst like stor som den modellerte breddegradsvariasjonen en har fra lengst sør i Norge til om lag midt i Nordland med hensyn til tidspunkt for utvandring. En må anta at denne variasjonen mellom år er avhengig av hvor stor variasjon det har vært i klimatiske faktorer som påvirker vanntemperatur og vannføring (snøsmelting/oppvarming) mellom år i undersøkelsesperioden i det enkelte vassdraget. Sannsynligvis er variasjonen i utvandringstidspunkt mellom år knyttet til variasjon i ”tidspunkt for vår”, slik at utvandringen av smolt i år med sen vår skjer senere enn i år med tidlig vår (Jensen mfl. 2012, Jonsson & Jonsson 2014, Lamberg mfl. 2015, Haraldstad mfl. 2016). Sammenstillingene av data viser også at det kan være ganske store forskjeller i utvandringstidspunkt mellom vassdrag i samme fjordsystem.

Vår gjennomgang må ansees å representere sannsynlig utvandring i ulike vassdrag i et middels år. Dette betyr at hvis utvandringen i enkelte år skjer spesielt tidlig eller spesielt sent så vil de foreslåtte tidspunktene og forløpene kunne avvike en god del fra det som skjer i vassdragene. Data fra Mandalselva, Imsa, Guddalselva, Vosso, Daleelva og Eira viser at tidspunkt for utvandring av laksesmolt i disse elvene i 2016 verken var spesielt tidlig eller spesielt sent sammenliknet med et middels år. Vi har derfor ikke kunnskap som tilsier at utvandringen av smolt i 2016 verken var spesielt tidlig eller spesiell sen med hensyn til tid på året.

I sin modellkjøring med virtuell smolt har HI i tillegg til de utvandringstidspunktene for middels år som er foreslått her, kjørt modellen med tidspunkter som er flyttet fram 10 dager (tidlig utvandring) eller flyttet tilbake 10 dager (sen utvandring). Denne tilnærmingen gir en pekepinn på hvor sensitiv HI sin virtuelle smoltmodell er for tidspunkt for utvandring med hensyn til risiko for lusepåslag hos laksesmolt under utvandring (se Appendiks VI).

### **Veien videre**

I de fleste områder av landet har vi begrenset kunnskap om tidspunkt og forløp til smoltutvandringen. Det er usikkerheter knyttet til hvor mye senere laksesmolt vandrer ut fra de indre vassdragene i ulike fjorder enn i kystnære vassdrag. Dette vil sannsynligvis ha stor påvirkning på modelleringsresultatene ettersom smolt fra de indre vassdragene har lange utvandningsruter. I områder hvor smolt fra slike vassdrag må vandre forbi områder med høy intensitet av oppdrettsanlegg er det disse populasjonene som blir sterkest påvirket av lusepåslag ifølge modellene. Det blir derfor viktig å få god dokumentasjon på utvandringstidspunkt i disse vassdragene i fremtidige studier.

For fremtidige vurderinger vil det også være viktig å legge ressurser i å undersøke og forstå mer omkring variasjoner i utvandningsforløp basert på de dataene vi nå har tilgjengelig. En analyse og systematisering av kunnskap om faktorer som påvirker tidspunkt for utvandring og i hvor stor grad disse faktorene virker synkront langs kysten og innen fjordsystemer bør gjennomføres. En naturlig utgangspunkt vil være å sammenstille data for videre statistiske analyser på vannføring, vanntemperatur og lufttemperatur for smoltutvandningsperioden samt supplere med noen nedbørfelt karakteristika (blant annet nedslagsfeltets høyde og innsjøprosent) for de vassdragene vi allerede har data på utvandringstidspunkt for smolt.

### **Korte kommentarer til vurderinger i de ulike produksjonsområdene**

I den videre teksten har vi kort oppsummert evalueringen som ligger til grunn for de forskjellige produksjonsområdene. Sannsynlig utvandringstidspunkt for laksesmolt for de 401 vassdragene er gitt i vedleggstabell i dette appendikset.

#### Område 1.

Utvandringstidspunkt ble satt lik Mandalselva for alle vassdragene til og med grensa mellom Vest-Agder og Rogaland. Flere års data fra Tovdalselva og mer sparsomme data fra Numedalslågen og Kvina tyder på at utvandringen skjer på om lag samme tid som i Mandalselva. I resten av produksjonsområdet (fra og med Rogaland) er tidspunktene satt lik Imsa/Guddalselva. Det må bemerkes at forskjellene i utvandringstidspunkt mellom referansevassdragene var svært små og hele området kunne ha vært modellert med samme utvandningsmodell.

#### Område 2-4.

I disse regionene finnes det langtidsserier for utvandringen fra Imsa og Guddalselva basert på fangst av smolt i fiskefeller som dekker hele elvetvernsnittet. Begge disse vassdragene har en fåtallig laksebestand. Oppdaterte data tyder på at det er mindre enn en uke i forskjell mellom ulike utvandningsmål for laksesmolt i Imsa og Guddalselva og for å unngå små forskjeller i utvandringstidspunkt mellom elver i region 2 ble det laget en hybrid mellom dataene for de to elvene som en av referanseelvene for region 2-4 (tabell 1). Langtidsserier fra heldekkende fangstfeller finnes også i Daleelva i Vaksdal og i Vikja. Disse fellene fanger smolt som vandrer ned fra elvestrekninger som har fått redusert vannføring som følge av kraftutbygging og utvandningsforløpet, i alle fall i enkelte år, kan være påvirket av dette. Fra Vosso finnes det også en lengre tidsserie med data basert på ulike typer mindre feller. Det var like i underkant av en ukes forskjell i aggregerte data på utvandringstidspunkt mellom Vosso og Daleelva, og vi valgte å bruke Vosso som det andre referansevassdraget fordi tidsserien var lengre her, men vi sammenliknet utvandringstidspunkter for vassdrag med få data med alle referansevassdragene fra disse produksjonsområdene. Daleelva ble gitt et utvandningsforløp som var en uke forsinket i forhold til Vosso.

Det finnes også data basert på mindre smoltfeller og videoovervåking fra flere andre vassdrag i disse produksjonsområdene, fra små kystnære vassdrag som Arna og Lone til større vassdrag som ligger lengre fra kysten som Kinso, Eidfjordvassdraget, Aurlandselva og Flåm. I Lærdalselva finnes det data om utvandring av laksesmolt merket med hydroakustiske sendere (Urke mfl. 2015). Basert på disse mer sparsomme dataene og kunnskap om vassdragenes beliggenhet og karakter ble utvandringstidspunkt for vassdrag uten data skjønnsmessig vurdert.

Det er usikkerheter knyttet til hvor mye senere laksesmolt vandrer ut fra de indre vassdragene i Hardangerfjorden. Dette vil sannsynligvis ha stor påvirkning på modelleringsresultatene ettersom de har lange utvandningsruter, i områder med høy intensitet av oppdrettsanlegg og vil dermed være de populasjonene som blir sterkest påvirket ifølge modellene av lusepåslag. Det blir derfor viktig å få god dokumentasjon på utvandringstidspunkt i disse vassdragene i fremtidige studier.

### Område 5-7.

I disse regionene finnes det lange tidsserier med utvandningsdata fra de store elvene Eira, Orkla og Stjørdalselva basert på fangst i mindre smoltfeller. Dessuten er det gjennomført undersøkelser med samme metode i færre år i Surna (3 år) og Driva (5 år). Alle disse fem vassdragene er påvirket av kraftutbygging, og utvandningsforløpet kan i mer eller mindre grad være påvirket av kraftverksdriften. I tillegg finnes det flere år med data fra videoovervåking fra de små vassdragene Hustadvassdraget (5 år) og i Urvollvassdraget i Bindal (3 år). Dessuten er det gjennomført videoovervåking (6 år) i Salvassdraget som synes å ha et noe avvikende sent tidspunkt for utvandring (Gjertsen mfl. 2015).

Eira ble brukt som referansevassdrag for område 5, mens Orkla ble benyttet som referansevassdrag i område 6 og 7. Utvandningsforløpet i disse to vassdragene er svært likt og samme modell kunne vært benyttet i alle tre produksjonsområdene.

En usikkerhet i produksjonsområde 6 og 7 er mangel på data fra de innerste elvene i Trondheims-fjorden: Steinkjervassdraget, Figga og Verdalselva, som har spesielt lang vandringsvei. Vi mangler også data fra Gaula som har flere mindre lakseproduserende sidevassdrag, og som har den tallrikeste laksebestanden i region 6. Dessuten mangler data fra Namsen som er det klart største vassdraget med hensyn til antall laksesmolt i sin region. Namsenvassdraget er et stort og komplekst vassdrag med flere sidevassdrag hvorav det ene også har produksjon av laksesmolt oppstrøms innsjøer.

### Område 8-10.

I disse områdene finnes data basert på videoundersøkelser over flere år i Laukhellevassdraget på Senja (Lamberg mfl. 2015) og Roksdalsvassdraget på Andøya (Lamberg mfl. 2014). Dessuten finnes det noen år med videoovervåking i Skjoma og noen få år med fangst i smoltfelle i Saltdalselva. Utvandningsdataene i denne regionen ble sammenliknet med data fra Halselva som referanseelv for Nord-Norge.

Sammenliknet med Halselva synes utvandringen i Roksdalsvassdraget å skje om lag 2 uker før i samme år, men forskjellen var noe større for tidspunkt for 50 % utvandring enn for 25 % utvandring. Vi satte sannsynlig utvandringstidspunkt for Roksdalsvassdraget 12 dager (median forskjell på 25 % utvandring) før Halselva. Data fra Laukhellevassdraget tyder på at utvandringen fra dette vassdraget skjer både før og etter utvandringen Halselva i samme år, men gjennomgående er forskjellen i tidspunkt for 50 % utvandring mellom disse to vassdragene under en uke. Vurdert ut fra tidspunkt for 25 % utvandring starter imidlertid utvandringen noe senere i Laukhelle enn i Halselva. Vi har foreløpig likevel gitt Laukhellevassdraget samme utvandringstidspunkt som Halselva. Data fra Skjoma viser at 25 % utvandring i de fleste år skjer vesentlig tidligere (2-3 uker) enn i Halselva, men at unntak finnes. Vi valgte å sette utvandring i Skjoma til samme tidspunkt som Roksdalsvassdraget. Dataene fra Saltdalselva er basert på få år og til dels liten fangst av smolt, men utvandringen her (25 %) skjedde om lag en uke før utvandringen i Halselva i samme år.

I mangel av data ble utvandringstidspunktene for Roksdalsvassdraget benyttet for nesten alle vassdrag i område 9, mens i område 10 ble tidspunktene for Laukhellevassdraget (dvs Halselva) benyttet for vassdrag som ligger noe lengre inne fra kysten. Målselva ble gitt en uke senere utvandring enn Halselva basert på skjønn.

For vassdragene i område 8 benyttet vi data fra Saltdalselva for de vassdragene med nedslagsfelt i innlandet, mens kystnære vassdrag ble gitt en uke tidligere utvandring.

Disse tre områdene har et stort antall laksevassdrag (112 stk.) og vi kjenner til få data om tidspunkt for utvandring hos smolt i denne regionen. Data om utvandringstidspunkt for laksesmolt fra de større elvene i området som Vefsna, Målselva og Beiarelva mangler slik at det knytter seg stor usikkerhet til utvandringen fra disse vassdragene. Regionen har også mange mindre laksevassdrag, og vi har også svært lite kunnskap om variasjonen i utvandringstidspunkt og forløp for laksesmolt fra slike vassdrag. Hvis studier tyder på at større eller mindre geografiske områder innen disse tre produksjonsområdene

kan ha problemer med lakselus blir det viktig å få bedre dokumentasjon på utvandringstidspunkt i aktuelle vassdrag i fremtidige studier.

#### Område 11-13.

I denne regionen finnes en langtidsserie fra Halselva basert på heldekkende fiskefelle (Jensen mfl. 2012). Dessuten er utvandringen undersøkt i flere år i Altaelva med ulike feller og i Utsjoki, en sideelv til Tana med video. Det finnes også spredte observasjoner og data fra andre vassdrag i område 12 og 13.

Tidspunkter for utvandring ble satt lik Halselva for elvene i område 11 Kvaløya - Loppa (med unntak av Reisaelva), og i de mindre kystnære vassdragene i Vest-Finnmark. Basert på skjønn ble tidspunkt for utvandring i Reisaelva satt en uke senere enn i Halselva. Data fra undersøkelser i Altaelva tyder på at utvandringen gjennomgående skjer om lag 14 dager senere enn i Halselva og denne verdien ble benyttet for alle større vassdrag i Vest-Finnmark som drenerer sentrale områder av fylket. Basert på skjønn ble tidspunkt for utvandring i Repparfjordelva satt midt mellom Halselva og Altaelva. Data fra undersøkelser i Utsjoki, en sideelv til Tanaelva, tyder på at utvandringen skjer på om lag samme tid som i Altaelva (Orell mfl. 2007, Ugedal mfl. 2014). Dette utvandringstidspunktet ble benyttet for alle vassdragene i Øst-Finnmark. Det må bemerkes at det er usikkerheter knyttet til varighet og forløp til utvandringen av smolt fra Tanavassdraget, som består av en rekke ulike sidevassdrag som har egne bestander av laks.

#### **Referanser**

- Gjertsen, V., Lamberg, A., Bjørnbet, S. & Bakken, M. 2015. Videoovervåking av laks og sjørørret i Moelva i Salvassdraget i Nord-Trøndelag i 2014. SNA-rapport 02-2015. 31 s.
- Haraldstad, T., Kroglund, F., Kristensen, T., Jonsson, B. & Haugen, T.O. 2016. Diel migration patterns of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) smolts: an assessment of environmental cues. *Ecology of Freshwater fish*. DOI: 10.1111/eff.12298.
- Jensen, A. J., Finstad, B., Fiske, P., Hvidsten, N. A., Rikardsen, A. H. & Saksgård, L. 2012. Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 711-723.
- 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.
- 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.
- Lamberg, A., Wibe, H. & Osmundsvåg, M. 2007. Videoregistrering av vandrende laksefisk i Aurlandselva i Sogn og Fjordane i 2006. Norsk Naturovervåking, Rapport 04-2007. 19 s.
- Lamberg, A., Bakken, M., Bjørnbet, S., Gjertsen, V. & Strand, R. 2013. Utvandring av laks- og sjørørretsmolt i Suldalslågen I 2012. Videoovervåking av smolt i åpent elvetverrsnitt, fisketrapp og smoltfelle. SNA-rapport 04-2013. 53 s.
- Lamberg, A., Gjertsen, V., Strand, R., Bjørnbet, S. & Kanstad-Hanssen. 2014. Videoovervåking av laks og sjørørret i Roksdalsvassdraget på Andøya i 2013. SNA-rapport 07-2014. 31 s.
- Lamberg, A., Gjertsen, V., Bjørnbet, S., Strand, R. & Kanstad-Hanssen. 2015. Overvåking av laks, sjørørret og sjørøye i Lakselva på Senja i 2013. SNA-rapport 03-2015. 57 s.
- 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., L'Abée-Lund, J. H., Castro-Santos, T., Leonardsson, K., Storvik, G. O., Jonsson, B., Dempson, J. B., Russell, I. C., Jensen, A. J., Baglinière, J.-L., Dionne, M., Armstrong, J. D., Romakkaniemi, A., Letcher, B. H., Kocik, J. F., Erkinaro, J., Poole, R., Rogan, G., Lundqvist, H., MacLean, J. C., Jokikokko, E., Arnekleiv, J. V., Kennedy, R. J., Niemelä, E., Caballero, P., Music, P. A., Antonsson, T., Gudjonsson, S., Veselov, A. E., Lamberg, A., Groom, S., Taylor,

- B. H., Taberner, M., Dillane, M., Arnason, F., Horton, G., Hvidsten, N. A., Jonsson, I. R., Jonsson, N., McKelvey, S., Næsje, T. F., Skaala, Ø., Smith, G. W., Sægrov, H., Stenseth, N. C. & Vøllestad, L. A. 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.
- Ugedal, O., Kroglund, F., Barlaup, B. & Lamberg, A. 2014. Smolt - en kunnskapsoppsummering. Miljødirektoratet. Rapport M136-2014: 128 s.
- Urke, H.A., Kristensen, T. & Ulvund, J.B. 2015. Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt fra Lærdalselvi 2014. INAQ Rapport. 19 s.
- 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.

**Vedleggstabell til appendiks 2.** Vassdragsnummer (NVE), vassdragsnavn, gytebestandsmål for laks (GBM: kg hunnlaks), teoretisk smoltproduksjon (antall smolt), andel (%) av teoretisk smoltproduksjon som stammer fra de ulike vassdragene samt avstanden mellom utløpet av vassdraget og grunnlinja for laksevassdrag som tilhører produksjonsområde Det er også angitt om vassdraget er et nasjonalt laksevassdrag (NLV = 1), om det foreligger data på tidspunkt for utvandring av smolt fra vassdraget (SD; 0=ingen vi kjenner til, 1=noe, 2= data fra 5 år eller mere) og tidspunkt for sannsynlig utvandring av smolt (start, 25 % og 50 % utvandring og slutt) benyttet ved modellering av risiko for lusepåslag hos virtuell smolt er også tabulert.

### Produksjonsområde 1: Svenskegrensa - Jæren

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
001.1Z	Enningdalselva	453	14451	0,7	50731	1	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
002.Z	Glomma	960	30624	1,4	28333	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
004.Z	Hølenelva	42	1339	0,1	65543	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
005.3Z	Årungselva	28	877	0,0	123981	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
005.4Z	Gjersøelva	20	627	0,0	113401	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
006.Z	Nordmarkvassdraget	37	1176	0,1	112747	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
007.Z	Lysakerelva	53	1696	0,1	110664	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
008.Z	Sandvikselva	331	11999	0,5	106036	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
009.Z	Åros	247	8954	0,4	86731	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
011.Z	Lierelva	494	17908	0,8	93094	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
012.Z	Drammen	4355	157869	7,2	92951	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
013.Z	Sandevassdraget	171	6206	0,3	75277	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
014.Z	Aulivassdraget	442	16035	0,7	40720	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
015.Z	Numedalslågen	12296	463559	21,2	9541	1	1	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
016.4Z	Herre	80	3016	0,1	28932	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
016.Z	Skien	1496	67245	3,1	29372	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
018.3Z	Gjerstadvassdraget	60	2706	0,1	17609	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
018.Z	Vegårsvass. (Storelva)	565	25397	1,2	12116	0	2	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
019.Z	Nidelva	1574	68469	3,1	8123	0	1	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
020.Z	Tovdal	3721	161864	7,4	15670	0	2	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
021.Z	Otra	2341	101834	4,7	10583	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
022.1Z	Søgne	559	24317	1,1	8212	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
022.Z	Mandalselva	5155	224243	10,3	6983	1	2	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
023.Z	Audna	1210	52635	2,4	10619	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
024.Z	Lygna	1889	82172	3,8	22213	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
025.3Z	Fedaelva	73	3171	0,1	25175	0	0	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
025.Z	Kvina	1875	81563	3,7	29479	0	1	26. apr.	6. mai.	16. mai.	5. jun.
026.4Z	Sokndal	861	37454	1,7	7842	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
026.Z	Sira	163	7085	0,3	10471	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
027.3Z	Hellelandselva	123	5362	0,2	7998	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
027.6Z	Ogna	1162	80875	3,7	3506	1	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
027.7Z	Fuglestad	387	24691	1,1	2272	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
027.Z	Bjerkreimsvassdraget	4319	275552	12,6	10332	1	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
028.1Z	Kvasheim	67	4275	0,2	621	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
028.21Z	S. Varhaug	73	4657	0,2	799	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
028.22Z	N. Varhaug	83	5295	0,2	799	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
028.3Z	Hæelva	1821	100337	4,6	1088	1	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
028.4Z	Orreåna	88	4831	0,2	1042	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.

### Produksjonsområde 2: Ryfylke

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
028.Z	Figgjo	2246	143295	32,7	5282	1	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
029.1Z	Storåna	230	14700	3,4	38991	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
030.2Z	Dirdal	310	19778	4,5	56048	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
030.4Z	Espedal	648	41342	9,4	52686	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
030.Z	Frafjord	239	15248	3,5	61083	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
031.Z	Lyse	166	10591	2,4	84637	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
032.Z	Jørpeland	111	7082	1,6	41155	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
033.Z	Årdal	892	32335	7,4	51589	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
035.2Z	Hjelmeland	97	3516	0,8	58051	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
035.3Z	Vormo	300	10875	2,5	68647	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
035.4Z	Førreelva	57	2084	0,5	82991	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
035.7Z	Håland	119	4314	1,0	67616	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
035.Z	Ulla	178	6453	1,5	76852	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
036.Z	Suldalslågen	2318	80666	18,4	76308	1	2	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
037.2Z	Åbølva	55	1912	0,4	97015	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
037.Z	Saudavassdraget	174	6040	1,4	96828	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
038.3Z	Rødneelva	123	5351	1,2	71219	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
038.Z	Vikedal	736	32016	7,3	66646	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.



### Produksjonsområde 3: Karmøy - Sotra

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
041.Z	Etne	1025	54991	29,7	62961	1	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
042.3Z	Daleelva-Fjæraelva	38	2030	1,1	94979	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
045.2Z	Uskedalselva	180	9657	5,2	58284	0	1	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
045.4Z	Rosendal	99	5311	2,9	68884	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
047.2Z	Jondalselvi	54	2874	1,6	102447	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
048.Z	Opo	798	28928	15,6	175963	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
050.1Z	Kinso	126	4568	2,5	141442	0	1	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
050.Z	Eio	427	15479	8,4	159578	0	1	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
052.1Z	Granvin	187	6779	3,7	141379	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
052.7Z	Steinsdal	233	12500	6,8	113272	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
055.7Z	Oselva	425	27731	15,0	34716	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
055.Z	Tysse	247	14326	7,7	64871	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.

### Produksjonsområde 4: Nordhordaland - Stad

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
060.4Z	Lone	153	8874	1,2	47411	0	1	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
061.2Z	Storelva	167	9686	1,3	49790	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
061.Z	Daleelva i Vaksdal	195	11310	1,5	72607	0	2	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
062.Z	Vosso	2110	76488	10,2	79216	1	2	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
063.Z	Ekso	219	7939	1,1	70415	0	1	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
064.Z	Modalselva	598	21661	2,9	76983	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
067.2Z	Haugsdalsvassdraget	139	5021	0,7	51292	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
067.3Z	Måtravassdraget	150	5431	0,7	54895	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
067.6Z	Frøyset	169	6126	0,8	34587	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
069.31Z	Storelva-Brekkeelva	75	2733	0,4	59773	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
070.Z	Vikja	43	1559	0,2	120650	1	2	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
071.Z	Nærøydal	513	18596	2,5	173647	1	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
072.2Z	Flåm	200	5220	0,7	175719	1	2	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
072.Z	Aurland	596	15556	2,1	171670	0	2	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
073.Z	Lærdal	5017	130944	17,5	175575	1	1	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
075.4Z	Mørkrisvassdraget	206	5367	0,7	213312	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
077.3Z	Sogndal	114	4628	0,6	155114	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
077.Z	Årøy	128	5197	0,7	160707	1	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
079.Z	Daleelva	271	11003	1,5	94701	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
080.1Z	Hovlandselv-Indredal	51	2053	0,3	82723	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
080.21Z	Ytredalselva	88	3588	0,5	82648	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
080.4Z	Bøelva	22	890	0,1	51446	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
082.5Z	Dalselva	142	5765	0,8	48796	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
082.Z	Flekke	277	11246	1,5	48426	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
083.2Z	Kvam	172	8480	1,1	62483	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
083.4Z	Rivedalselva	38	1868	0,2	41984	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
083.Z	Gaula	1443	71140	9,5	64602	1	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
084.7Z	Nausta	2171	72403	9,7	66797	1	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
084.Z	Jølstra	1153	38453	5,1	72031	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
085.Z	Osenelva	1019	33984	4,5	45969	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
086.8Z	Hopselva	94	3816	0,5	77461	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
086.Z	Åelva	435	17661	2,4	78279	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
087.1Z	Ryggeelva	56	2274	0,3	77609	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
087.Z	Gloppen	443	18628	2,5	81061	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
088.1Z	Olden	151	5474	0,7	114100	1	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
088.2Z	Loen	127	4604	0,6	115903	0	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
088.Z	Stryn	1079	48501	6,5	109811	1	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
089.4Z	Hjalma	121	5264	0,7	56803	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
089.Z	Eidselva	763	33191	4,4	64530	1	0	1. mai.	11. mai.	21. mai.	10. jun.
091.3Z	Ervikelva	123	5351	0,7	3696	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.

## Produksjonsområde 5: Stad - Hustadvika

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
092.Z	Åheim	468	15608	3,0	32896	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
093.2Z	Oselva	173	5770	1,1	38040	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
093.3Z	Norddalselva	32	1076	0,2	37734	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
094.4Z	Austefjord	233	7771	1,5	65571	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
094.Z	Stigedalselva	121	4026	0,8	57403	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
095.3Z	Storelva (Ørsta)	324	10805	2,0	36677	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
095.41Z	Storelva	145	4849	0,9	35099	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
095.4Z	Barstadvik	165	5503	1,0	36890	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
095.Z	Ørsta	1353	45123	8,5	48181	1	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
096.1Z	Hareid	388	12940	2,4	27993	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
096.41Z	Vågselva	26	859	0,2	24549	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
097.1Z	Bondal	582	18566	3,5	62253	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
097.2Z	Vikelva	169	5391	1,0	75265	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
097.4Z	Norangdal	127	4051	0,8	69538	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
097.72Z	Aureelva	323	10304	1,9	50814	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
097.7Z	Velledal	484	15440	2,9	56202	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
098.3Z	Stranda	343	10942	2,1	79822	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
098.6Z	Korsbrekk	161	5136	1,0	109335	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
099.1Z	Eidsdalselva	172	5486	1,0	91682	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
099.2Z	Norddalsvassdraget	86	2755	0,5	94937	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
099.Z	Tafjordvassdraget	37	1183	0,2	105504	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
100.2Z	Stordalselva	724	23096	4,4	73375	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
100.3Z	Vagsvikelva	25	798	0,2	66445	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
100.Z	Valldal	808	25775	4,9	95571	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
101.1Z	Ørskog	99	3158	0,6	63692	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
101.2Z	Solnør	128	4083	0,8	59815	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
101.6Z	Tennfjord	346	11037	2,1	41056	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
102.11Z	Hildre	20	638	0,1	19678	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
102.2Z	Storelva	31	979	0,2	34586	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
102.5Z	Skorgelva	152	4844	0,9	50722	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
102.6Z	Tressa	262	8358	1,6	56470	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
103.1Z	Måna	363	11580	2,2	63834	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
103.2Z	Innfjordselva	275	8763	1,7	70655	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
103.4Z	Isavassdraget	566	18069	3,4	78559	0	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
103.Z	Rauma	5216	105885	20,0	72640	1	0	8. mai.	18. mai.	28. mai.	17. jun.
104.1Z	Mittetelva	64	1297	0,2	69125	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
104.2Z	Visa	185	6170	1,2	82818	0	0	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
104.Z	Eira	761	25379	4,8	95331	0	2	1. mai.	11.mai	21.mai	10.jun
105.1Z	Røa	224	7480	1,4	54077	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
105.3Z	Olteråa	36	1209	0,2	67846	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
105.4Z	Oppdølselva	252	8417	1,6	59055	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
105.Z	Oselva	892	29748	5,6	69982	0	0	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
107.3Z	Sylte	406	13540	2,6	32382	0	1	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.
107.6Z	Hustad	445	14841	2,8	12974	0	2	24. apr.	4. mai.	14. mai.	3. jun.

## Produksjonsområde 6: Nordmøre - Sør-Trøndelag

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
108.221Z	Vasskordelva	30	988	0,0	29614	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
108.2Z	Vågsbø	343	11439	0,5	29733	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
108.3Z	Batnfjordelva	875	29179	1,2	48997	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
109.4Z	Usma	370	12355	0,5	86217	0	0	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
109.5Z	Litledalselva	252	8414	0,4	94156	0	0	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
109.Z	Driva	6073	123282	5,2	94090	1	2	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
111.4Z	Viddalselva	35	1235	0,1	72271	0	0	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
111.7Z	Søya	828	28814	1,2	73351	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
111.Z	Toåa	426	14825	0,6	85222	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
112.3Z	Bøvra	1074	37369	1,6	72606	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
112.Z	Surna	4836	168293	7,0	74314	1	1	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
113.5Z	Staursetbekken	31	1075	0,0	71332	0	0	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
113.6Z	Todalselva	164	5711	0,2	61935	0	0	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
113.Z	Fjelna	108	3758	0,2	76938	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
116.Z	Åelva	436	15173	0,6	62336	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
117.1Z	Lakselva totalt	45	1550	0,1	50031	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
117.23Z	Kvernavassdraget	19	674	0,0	36175	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
117.3Z	Sagelva m fung ltrapp	52	1794	0,1	24346	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
117.4Z	Grytelvassdraget	140	4858	0,2	28384	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.11Z	Haugelva	58	2010	0,1	83530	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.1Z	Søa	171	5951	0,2	84111	0	1	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.2Z	Hagaelva	23	803	0,0	81671	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.3Z	Hollaelva	86	3009	0,1	79908	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.42Z	Snilldalselva	113	3941	0,2	90704	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.4Z	Bergselva	36	1249	0,1	90548	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.61Z	Slørdalselva	66	2290	0,1	85741	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
119.9Z	Fremstadelva	29	1017	0,0	63600	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
120.1Z	Størdalselva	31	1089	0,0	76905	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
120.2Z	Lena	18	621	0,0	83399	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
121.1Z	Skjenaldelva	395	13746	0,6	110022	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
121.Z	Orkla	18911	493577	20,7	109807	1	2	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
122.1Z	Børsa	137	4768	0,2	109400	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
122.2Z	Vigda	309	10753	0,5	113331	0	0	23. apr.	3. mai.	13. mai.	2. jun.
122.Z	Gaula	25817	636389	26,6	113428	1	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
123.4Z	Homla	250	8700	0,4	134011	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
123.Z	Nidelva	2730	87087	3,6	112589	1	0	30. apr.	10. mai.	18. mai.	9. jun.
124.Z	Stjørdalselva	6763	156902	6,6	136803	1	2	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
126.6Z	Levangerelva	516	16460	0,7	167492	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
127.Z	Verdalselva	4016	122287	5,1	175670	1	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
128.3Z	Figga	773	23538	1,0	190930	1	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
128.Z	Steinkjerelva	1743	53074	2,2	190312	1	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
129.2Z	Mollelva	326	9933	0,4	196562	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
129.Z	Follavassdraget	17	517	0,0	176345	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
130.32Z	Tangstadelva	42	1289	0,1	190937	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
131.1Z	Mossa	154	4694	0,2	156126	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
131.9Z	Prestelva	68	2061	0,1	90148	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
132.1Z	Flyta	67	2047	0,1	79026	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
132.2Z	Hasselvassdraget	56	1718	0,1	73287	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
132.Z	Skauga	1179	39320	1,6	78362	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
133.2Z	Osaelva	130	4333	0,2	89548	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
133.3Z	Nordelva	575	19176	0,8	91239	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
134.2Z	Brekkelva	25	835	0,0	60608	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
134.Z	Teksdalselva	49	1634	0,1	51071	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
135.1Z	Olden	177	5903	0,2	52607	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
135.42Z	Imselva	14	473	0,0	58306	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
135.43Z	Grytelvassdraget	16	536	0,0	57220	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
135.Z	Stordalselva	3090	103052	4,3	57238	1	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
135.Zb	Norddalselva	834	27814	1,2	57194	1	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
136.31Z	Håvikelva	19	632	0,0	44358	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
136.3Z	Nordskjørelva	35	1157	0,0	45795	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
136.52Z	Storelva (Straumselv)	48	1595	0,1	42987	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
137.2Z	Steinsdalselva	1207	40253	1,7	38001	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.

## Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag - Bindal

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
137.4Z	Skjellåa	140	4860	0,5	42002	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
137.5Z	Storelva (Jøssund)	83	2893	0,3	44500	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
137.72Z	Sitterelva	10	334	0,0	37784	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
138.3Z	Oksdøla	258	8978	1,0	56975	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
138.5Z	Aursunda	327	11380	1,3	68089	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
138.6Z	Bogna	870	30276	3,4	65566	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
138.Z	Årgård	3518	122426	13,6	74072	1	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
139.Z	Namsen	18654	622111	68,9	66175	1	0	14. mai.	24. mai.	3. jun.	23. jun.
140.3Z	Veterhuselva	37	1234	0,1	72693	0	0	23. apr.	3. mai.	11. mai.	2. jun.
140.Z	Salvassdraget	797	26580	2,9	52093	0	2	28. mai.	7. jun.	15. jun.	7. jul.
141.4Z	Kvistelva	89	2956	0,3	73891	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
142.3Z	Kongsmoelva	613	20444	2,3	110804	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
142.6Z	Sjøstadelva	14	456	0,1	91549	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
142.71Z	Nordmarkselv-Åforelv	23	752	0,1	85471	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
143.532Z	Horvelva	152	5055	0,6	61423	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
143.7Z	Storelva	46	1522	0,2	54119	0	0	30. apr.	10. mai.	20. mai.	9. jun.
144.4Z	Terråkelva	55	1849	0,2	80234	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
144.5Z	Urvollelva	75	2490	0,3	83894	0	1	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
144.61Z	Bogelva	115	3849	0,4	96473	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
144.7Z	Storelv i Tosbotn	46	1267	0,1	110961	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
144.Z	Åbjøravassdraget	954	26283	2,9	82432	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.
145.2Z	Eide	155	4270	0,5	74511	0	0	7. mai.	17. mai.	27. mai.	16. jun.

## Produksjonsområde 8: Helgeland - Salten

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
147.3Z	Fersetelva	161	4424	1,2	41965	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
148.2Z	Sausvassdraget	750	20663	5,7	76080	0	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
148.Z	Lomselva	221	6080	1,7	78546	0	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
149.2Z	Lakselva	307	8445	2,3	71584	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
149.61Z	Hestedalselva	80	2215	0,6	63100	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
149.6Z	Halsaelva	133	3667	1,0	63361	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
149.8Z	Storelva	29	805	0,2	65902	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
151.1Z	Hundåla	131	3599	1,0	76001	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
151.Z	Vefsna	6306	128012	35,1	90130	1	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
152.2Z	Drevja	570	11571	3,2	81742	0	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
152.Z	Fusta	1263	25639	7,0	84759	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
153.22Z	Leirelva	171	3466	1,0	74062	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
153.3Z	Stilleelva-Ranelva	56	1146	0,3	73749	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
153.6Z	Bardalselva	190	3863	1,1	81242	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
155.4Z	Bjerka til Stupfossen	205	4171	1,1	105143	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
155.Z	Røssåga	1249	25355	7,0	103091	0	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
156.Z	Rana	1222	23035	6,3	120396	1	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
157.42Z	Flostrandvassdraget	60	1125	0,3	72853	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
157.52Z	Elv fra Silavatnet	28	519	0,1	60970	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
159.21Z	Gjerval	75	1414	0,4	57491	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
160.41Z	Spilder	235	4430	1,2	59871	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
160.43Z	Reipåga	111	2092	0,6	57435	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
160.71Z	Elv fra Laksådalsvatn	37	697	0,2	83498	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
161.Z	Beiarelva	1704	24708	6,8	111409	1	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
162.1Z	Valnesforsen	32	457	0,1	105101	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
162.7Z	Lakselva	196	2840	0,8	138815	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
163.Z	Saltelva	2385	34583	9,5	152699	0	1	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
164.3Z	Lakselv-Valn	298	8210	2,3	134350	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
164.Z	Sulitjelmavassdraget	171	4724	1,3	144118	0	0	27. mai.	6. jun.	16. jun.	6. jul.
165.2Z	Breidvadelva-Futelva	88	2420	0,7	108306	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.

## Produksjonsområde 9: Vestfjorden - Vesterålen

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
165.7Z	Fjære	75	2066	1,1	100100	0	0	20. mai.	30. mai.	9. jun.	29. jun.
166.3Z	Lakselva (Valjord)	98	2710	1,4	146824	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
166.5Z	Laksåga	203	5593	2,9	146024	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
167.3Z	Bonnåga	210	5786	3,0	143304	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
167.Z	Kobbelv	234	6447	3,3	150420	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
168.6Z	Hop	150	4133	2,1	135057	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
169.5Z	Skjelvereidelve	71	1965	1,0	94403	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
170.3Z	Storvasselva	40	1107	0,6	117472	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
170.5Z	Varpa	218	6638	3,4	116456	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
171.1Z	Forsåelva	58	1781	0,9	124320	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
171.2Z	Heiddejåkka	19	566	0,3	155549	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
171.8Z	Austerdalselva	49	1495	0,8	154814	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
171.Z	Hellemovassdraget	86	2624	1,4	169026	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
172.Z	Forså	324	8926	4,6	137067	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
173.1Z	Kjeldelva	364	10028	5,2	117001	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
173.3Z	Råna	91	2507	1,3	135876	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
173.Z	Skjoma	547	15070	7,8	159214	0	1	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
174.3Z	Rombakselva	60	1650	0,9	170220	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
174.5Z	Elvegård	172	4739	2,4	158658	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
175.3Z	Laksåga	50	1367	0,7	131327	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
175.4Z	Tårstad	312	8596	4,4	118682	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
176.2Z	Storelva-Myklebostad	40	1097	0,6	117452	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
177.6Z	Kongsvikelva	120	3298	1,7	108694	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
177.73Z	Sneis	102	2810	1,5	103766	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
177.7Z	Heggedal	95	2617	1,4	118970	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
177.81Z	Teinelva	34	925	0,5	89702	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.3Z	Kalljordelva	18	490	0,3	49184	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.43Z	Blokkelva	10	269	0,1	52663	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.51Z	Kjerringnes	281	7742	4,0	51122	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.52Z	Osvoll	205	5648	2,9	49016	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.54Z	Sørdalselva	146	4011	2,1	53382	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.62Z	Rogsøy	53	1614	0,8	35581	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.63Z	Forfjord	117	3563	1,8	37462	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.6Z	Gårdselva	292	8891	4,6	35965	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.7Z	Buksnes	573	17448	9,0	34404	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
179.332Z	Lakselva	61	1845	1,0	71452	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
179.73Z	Grunnførfjordelva	12	358	0,2	29563	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
180.11Z	Heloselva	11	330	0,2	19028	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
180.4Z	Eiv fra Farstadvatnet	124	3788	2,0	19264	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
180.6Z	Borgelva	38	1164	0,6	6098	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.1Z	Alsvåg	241	7338	3,8	17997	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.2Z	Vikelva	15	451	0,2	41115	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.3Z	Gryttingselva	56	1716	0,9	43265	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.43Z	Trollvasselva	21	638	0,3	40859	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.441Z	Lahaugelva	58	1773	0,9	47153	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.44Z	Oshaugelva	48	1462	0,8	47080	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.4Z	Holmstadelva	116	3547	1,8	46387	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.52Z	Slåtteeelva	41	1250	0,6	47392	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.7Z	Ryggedalselva	16	495	0,3	13745	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
185.9Z	Tuveneelva	28	856	0,4	20961	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.3Z	Kobbedalselva	76	2320	1,2	45216	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.42Z	Storelva-Nøssvass.	25	751	0,4	12320	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.51Z	Melaelva	47	1420	0,7	9434	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.52Z	Steinvasselva	29	875	0,5	10315	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.53Z	Skogvollelva	52	1570	0,8	8910	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.61Z	Stavaelva	54	1656	0,9	8020	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.62Z	Bleikvassdraget	13	386	0,2	3551	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.63Z	Tofteelva	42	1288	0,7	3536	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.

## Produksjonsområde 10: Andøya - Senja

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
177.1Z	Lakselva (Gullesfjord)	87	2395	0,7	99119	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.74Z	Storelva	101	3089	0,9	46297	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.8Z	Lakselva	43	1294	0,4	76276	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
178.9Z	Langvasselva	22	672	0,2	89168	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.1Z	Ramsåa	76	2313	0,7	21782	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.22Z	Åseelva	156	4750	1,4	47267	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
186.2Z	Roksdalvassdraget	1087	33099	10,1	40923	1	2	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
189.3Z	Renså	199	6060	1,8	86270	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
190.7Z	Spanselva	241	7329	2,2	99960	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
191.4Z	Røyrbakkelv (Løksebo)	61	1870	0,6	89476	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
191.Z	Salangvassdraget	1741	53013	16,2	94449	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
193.3Z	Brøstadelva	85	2594	0,8	85331	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
193.Z	Skøelv	368	11206	3,4	70533	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
194.3Z	Lysbotn	336	10231	3,1	35116	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
194.4Z	Grasmyr	264	8039	2,5	51825	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
194.5Z	Tennelv	257	7080	2,2	86015	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
194.61Z	Vardnesvassdraget	55	1520	0,5	88561	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
194.6Z	Ånder	378	10414	3,2	82464	0	0	22. mai.	1. jun.	11. jun.	1. jul.
194.Z	Laukhelle	1055	27536	8,4	61328	0	2	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
195.1Z	Bunkelva	24	629	0,2	39973	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
196.2Z	Rosfjord	110	2871	0,9	51291	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
196.5Z	Lakselv Aurs	90	2349	0,7	65141	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
196.Z	Måselva	5362	124398	37,9	63086	1	0	10. jun.	20. jun.	1. jul.	20. jul.
197.4Z	Straumselva	141	3263	1,0	51342	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.

## Produksjonsområde 11: Kvaløya - Loppa

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
197.63Z	Storelva-Tromvikvass.	43	993	0,7	22292	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
198.Z	Nordkjøs	259	6009	4,3	109328	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
199.2Z	Tønsvikelva	178	4135	2,9	49212	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
199.3Z	Skitenelva	62	1444	1,0	55440	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
200.6Z	Skogfjord	120	1566	1,1	29152	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
202.11Z	Skipsfjord	179	2336	1,7	27678	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
202.3Z	Vannareidelva	62	814	0,6	21377	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
203.2Z	Breivik	290	3785	2,7	83542	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
203.8Z	Jægerelva	81	1057	0,7	75636	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
204.Z	Signaldalelva	655	8549	6,1	142428	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
205.Z	Skibotn	1628	30688	21,7	122927	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
206.1Z	Mannåselva	183	2388	1,7	106555	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
206.5Z	Rotsund	128	1670	1,2	80564	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
208.4Z	Oksfjord	248	3956	2,8	77983	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
208.Z	Reisa	3652	58249	41,2	87966	1	0	10. jun.	20. jun.	1. jul.	20. jul.
209.Z	Kvænangselva	430	7482	5,3	106048	1	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
210.Z	Burfjord	352	6125	4,3	89168	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.

## Produksjonsområde 12: Vest-Finnark

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
212.2Z	Halselva	181	2887	0,5	92384	0	2	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
212.4Z	Mattiselv/Joalusjåkka	376	5999	1,0	107025	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
212.Z	Altavassdraget	12130	351770	59,9	104537	1	2	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
213.1Z	Leirbotnelva	127	3690	0,6	90487	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
213.6Z	Kvalsundelva	101	2938	0,5	62835	0	1	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
213.Z	Repparfjordelva	3301	47865	8,1	71665	1	1	10. jun.	20. jun.	1. jul.	20. jul.
218.Z	Russelva	241	3495	0,6	59952	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
220.8Z	Lafjordelva	79	1145	0,2	38129	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
222.2Z	Strandajåkka	19	281	0,0	57134	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
222.4Z	Smørfjordelva	78	1136	0,2	93792	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
222.7Z	Ytre Billefj	604	8758	1,5	109765	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
223.Z	Stabburselva	1616	25775	4,4	128888	1	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
224.Z	Lakselva	3424	59578	10,1	139450	1	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
225.Z	Børselva	2749	43847	7,5	109500	1	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
227.5Z	Lille Porsanger	104	1659	0,3	64029	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
227.6Z	Veidnes	362	5774	1,0	56956	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.
228.Z	Storelva	1241	19794	3,4	90861	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
231.64Z	Futelva	69	1099	0,2	5788	0	0	3. jun.	13. jun.	23. jun.	13. jul.

### Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Vassdrags nr.	Vassdrag	GBM (kg laks)	Teoretisk smoltprod.	T_Andel i region (%)	Avs_Gru (m)	NLV	SD	Tidspunkt for utvandring			
								Start	25 %	50%	Slutt
231.7Z	Sandfjord	426	6795	0,6	6700	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
231.8Z	Risfjord	204	3254	0,3	12311	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
233.Z	Laggo	2142	34165	3,1	60410	1	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
234.Z	Tana	60372	875394	78,8	55095	1	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
236.Z	Kongsfjord	1102	15979	1,4	20892	1	2	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
237.Z	Syltefjord	1356	19662	1,8	17715	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
239.3Z	Skallelva	570	8265	0,7	25276	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
239.Z	Komagelva	2151	34308	3,1	19985	1	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
240.Z	Vestre Jakobselv	1919	30608	2,8	63226	1	1	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
241.5Z	Vesterelva	281	4482	0,4	92543	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
241.Z	Bergebyelva	459	7321	0,7	80189	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
243.Z	Klokker	143	2281	0,2	60800	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
244.4Z	Munkelva	199	3174	0,3	66005	0	1	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
244.Z	Neiden	2957	47164	4,2	63769	1	1	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
246.1Z	Sandneselva	196	3132	0,3	52640	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
246.Z	Pasvikelva	86	1374	0,1	49654	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
247.3Z	Karpelva	207	3302	0,3	32788	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.
247.Z	Grense Jakobselv	621	9905	0,9	2579	0	0	17. jun.	27. jun.	7. jul.	27. jul.





# PROSJEKTRAPPORT



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN  
Tlf. 55 23 85 00, Faks 55 23 85 31, [www.imr.no](http://www.imr.no)

Tromsø      Flødevigen      Austevoll      Matre  
9294 TROMSØ    4817 HIS      5392 STOREBØ    5984 MATREDAL

**Distribusjon:**  
UO § 15.3 (utsatt offentlighet)

**Havforskningsprosjektnr.:**  
14272-02

**Oppdragsgiver(e):**  
Nærings- og  
fiskeridepartementet

**Oppdragsgivers referanse:**

**Dato:**  
31.mars 2017

**Program:**  
Akvakultur

**Faggruppe:**  
Oseanografi og klima

**Antall sider totalt:**  
20

<b>Rapport:</b> Rapport fra Havforskningen	<b>Nr. - År</b>
<b>Tittel (norsk/engelsk):</b> Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur	
<b>Forfatter(e):</b> Jon Albretsen og Lars Asplin	

**Sammendrag (norsk):**

Denne rapporten beskriver miljøtilstanden i alle produksjonsområdene for 2015 og 2016 basert på modellsimuleringer med NorKyst800. I tillegg er ferskvannsavrenning fra alle hovedelvene vist, og indikerer om avrenningen har vært høyere eller lavere enn normalt.

Vedlegg III til rapport skrevet av ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

**Summary (English):**

**Emneord (norsk):**

1. Fysisk oseanografi
2. NorKyst800
3. Ferskvannsavrenning

**Subject heading (English):**

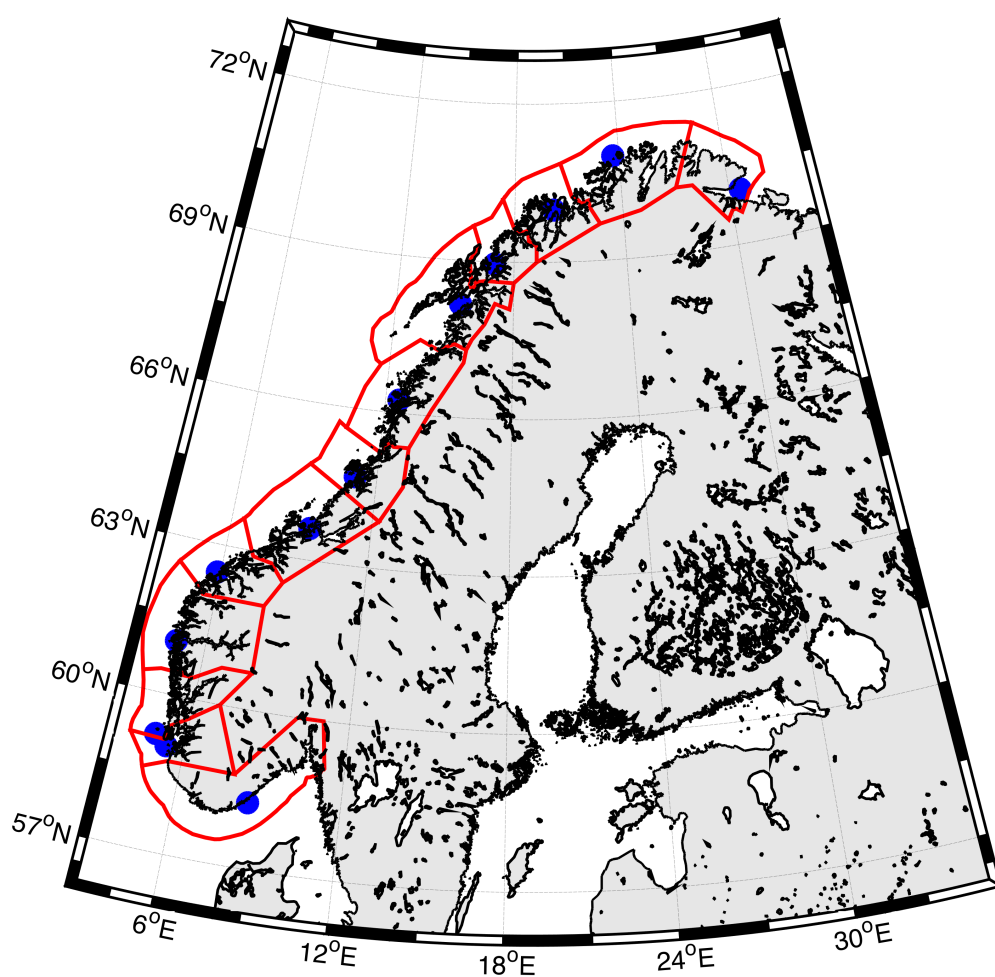
- 1.
- 2.
- 3.

  
prosjektleder

  
faggruppeleder

# Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene for akvakultur

Jon Albretsen og Lars Asplin, Havforskningsinstituttet  
31.mars 2017



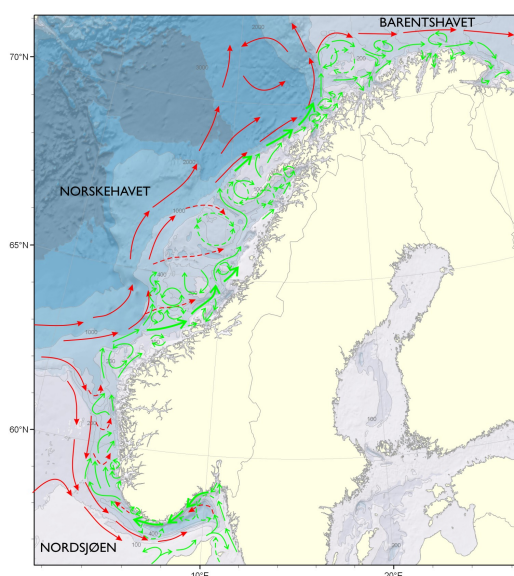
**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

## Fysisk oseanografiske forhold i produksjonsområdene

Det fysiske miljøet er av stor betydning i forhold til fordelingen av planktonisk lakselus rundt omkring i de ulike produksjonsområdene og ut av disse gjennom strømforholdene. Videre vil temperaturen i vannmassene påvirke lakselusas utvikling og vekst, og saltholdigheten vil påvirke lakselusas vertikale adferd (Johnsen, 2015).

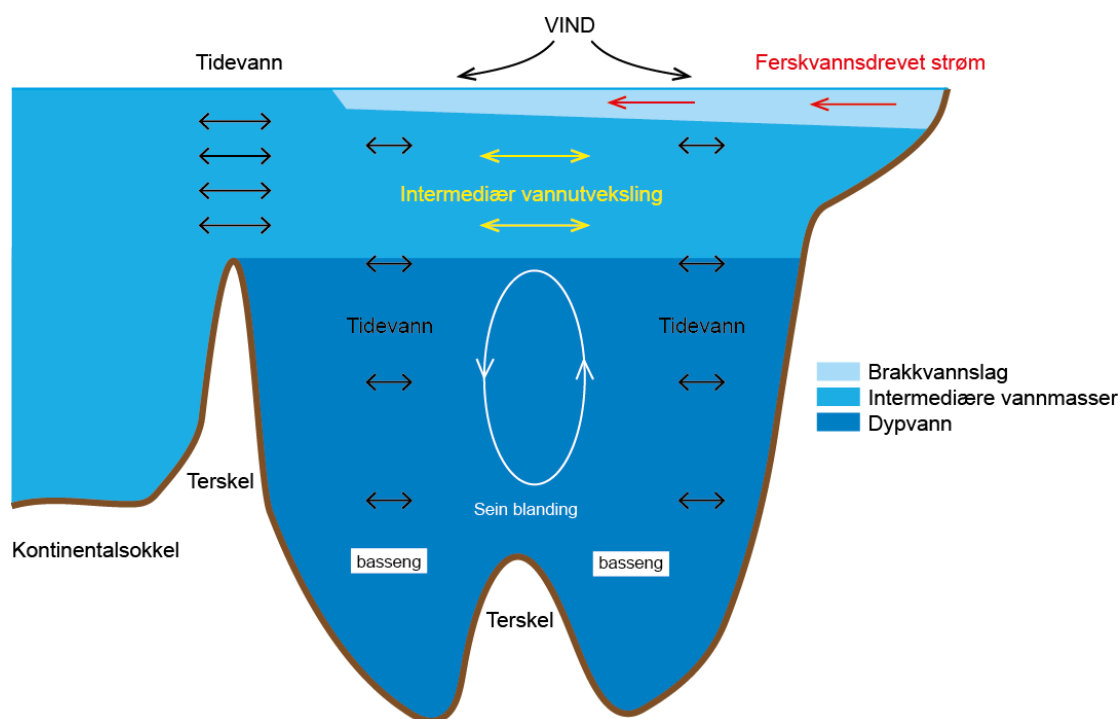
Det fysiske miljøet varierer på mange tids- og lengdeskalaer siden det påvirkes av ulike drivkrefter som også opererer over mange skalaer (Asplin m.fl., 2014). Viktigst er vind og atmosfærisk stråling, tidevann, ferskvannsavrenning og koblingen med de lagdelte vannmassene i Den norske kyststrømmen. Typiske tidsskalaer for de viktigste endringene i det fysiske miljøet er fra time og lenger, ofte med episoder av timer til dagers varighet. Videre er sesong en viktig tidsskala, og en kan dessuten ha store mellomårlege variasjoner og i noen grad dekadiske variasjoner.

Ferskvannstilførsel, tidevann, vindforhold, atlantehavsvann og bunnforhold er med på å styre oppførsel og egenskaper til Den norske kyststrømmen (Sætre, 2007). Kyststrømmen har en vesentlig kilde i ferskvannstilførselene i Østersjøen og fastlands-Norge (Figur 1). Dette vannet blandes med Nordsjøvann og atlantisk vann, og driver nordover langs norskekysten som en kile-formet strøm med relativt lav saltholdighet. Saltholdigheten til Kyststrømmen øker gradvis etter hvert som mer og mer atlantehavsvann blandes inn. Kyststrømmen er hovedsakelig drevet av tetthetsforskjeller, som for det meste er bestemt av saltholdigheten. Der kan også være en betydelig strømkomponent som er styrt av vannstandsforskjeller.



**Figur 1.** Hovedtrekkene i strømforholdene i Kyststrømmen er vist som grønne piler. Røde piler er atlantisk vann. Kyststrømmen skaper lagdeling i vannmassene langs hele norskekysten.

Det er fornuftig å dele vannmassene i fjordene og på kysten i tre: Et overflatelag (0-5m tykt), et mellomlag (mellom overflaten eller bunnen av overflatelaget og fjordens terskeldyp) og et fjordbasseng (dypere enn terskelen) (Figur 2).



**Figur 2.** Skjematisk framstilling av en fjord (sett fra siden) med de typiske vannmassene og de viktigste strømkomponentene.

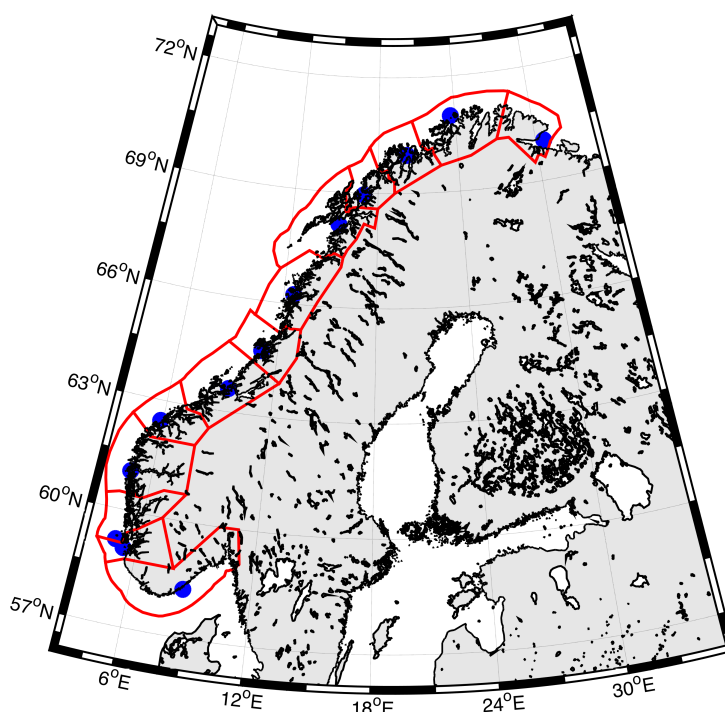
Fjordene og det indre kystvannet mottar i varierende grad ferskvann fra elver og er kjennetegnet med et brakkvannslag (lav saltholdighet). Avrenningen har gjerne et klart sesongmessig signal, gjerne med et maksimum på våren og et minimum om vinteren. Vestlandet har også typisk et andre avrenningsmaksimum om høsten grunnet økte nedbørsmengder. Mellomårslige variasjoner i avrenning kan også være store ettersom dette i stor grad avhenger av den lokale nedbøren.

Strømmene i fjordene er sterkest og varierer mest i de øverste 10 - 20 m av vannsøylen. I trange innløp, over terskler og i smale sund er det ofte sterkest tidevannsstrøm, mens periodevis høye strømhastigheter i de åpne delene av fjordene og indre kystområder som oftest er forårsaket av lokal vind. Vinddrevet strøm har størst betydning i de øverste 10 - 20 m og er sterkest nær overflaten. Vinddrevet strøm kan utgjøre mellom 3 og 8 % av vindhastigheten og har størst effekt i situasjoner med sterk lagdeling i fjordene (brakkvann). I perioder med sterk vind kan overflatestrømmene i fjordene overstige 1 m/s. Under normale forhold er strømmene normalt mindre enn ca. 0,3 cm/s. I bukter, bakevjer og sidefjorder kan strømforholdene være betydelig svakere enn i åpne fjord- og kystområder.

Tidevannet langs norskekysten brer seg som en lang bølge fra sør mot nord, og vannstandsforskjellene er minst i sør og størst i nord. Denne bølgen forgrener

seg innover fjordene med bare noen minutters forsinkelse mellom f.eks. høyvann på kysten og høyvann innerst i fjordene. Strømmen assosiert med tidevannet vil vanligvis ikke være så kraftig med unntak helt lokalt i trange farvann. Som transportmekanisme for lakselus er tidevannet beskjeden siden den ensrettede strømmen er kortvarig (5-6 timer).

Den viktigste transportmekanismen for vannmasser i fjordene er strøm som oppstår fra trykkforskjeller mellom vannmassene i den lagdelte Kyststrømmen og vannmassene i fjorden. Dette kan skape relativt sterke strømmer både inn og ut fjorden i de øvre 10-50 m som kan vare i dager og på den måten frakte vannmasser i hele fjordens lengde (Asplin m.fl., 2014).



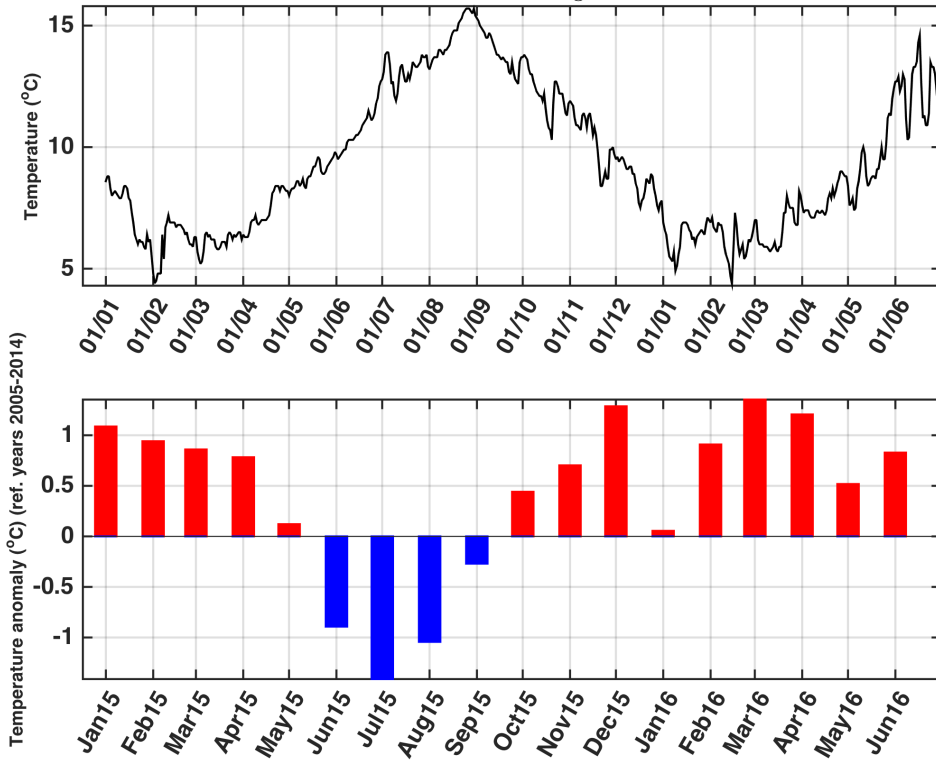
**Figur 3.** Kart over produksjonsområdene (inndelt med røde linjer) der miljøinformasjon er hentet ut. De blå punktene angir posisjonen hvor temperatur er hentet ut, mens ferskvannsavrenning fra elver er summert opp innen produksjonsområdene for å antyde en utbredelse av overflatelaget i fjordområdene.

Under er det en sammenstilling av aktuell miljøtilstand fra de numeriske modellsimuleringene med NorKyst800 (Albretsen m.fl., 2011) for hvert produksjonsområde i årene 2015 og 2016. Tidsserier for temperatur som gjennomsnittsverdien for de øvre 5 m er hentet fra ett punkt i hvert produksjonsområde (Figur 3) og er relativt representativ for variasjoner fra måned til måned for hele området (Asplin m.fl. 2014). Temperaturavviket for de øvre 5m måned for måned i forhold til en referanseperiode mellom 2005 og

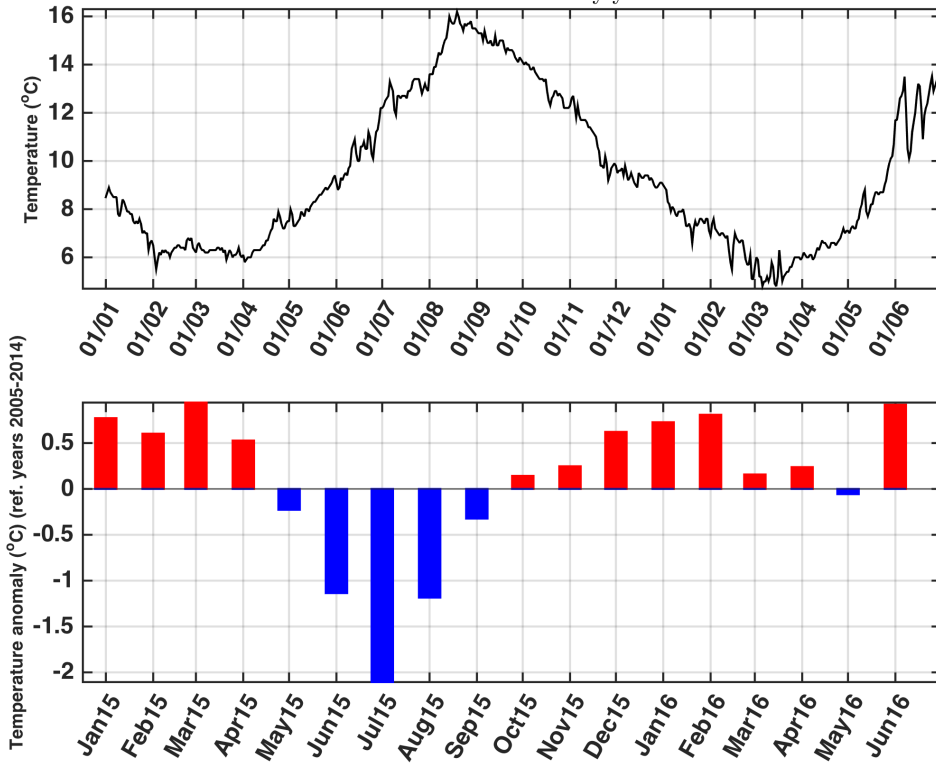
2014 er også vist for å illustrere om forholdene har hatt kaldere eller varmere vann.

Innenfor hvert produksjonsområde er også ferskvannsavrenning fra alle hovedelver summert opp hver måned fra og med januar 2015 (kilde: NVE). Månedsverdiene er deretter relatert til gjennomsnittlig for tilsvarende måned for perioden 1981-2010. Fortegnet på anomaliene vil kunne indikere om fjordsystemene innenfor produksjonsområdene har vært eksponert for mye (positivt) eller lite (negativt) elveavrenning.

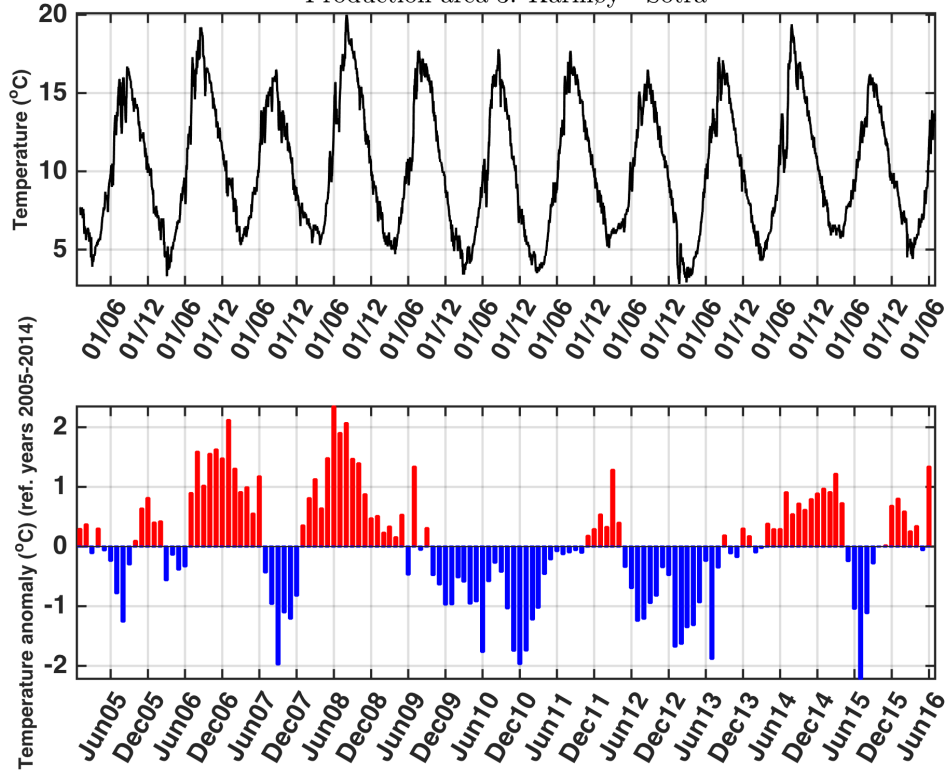
Production area 1: Svenskegrensen - Jæren



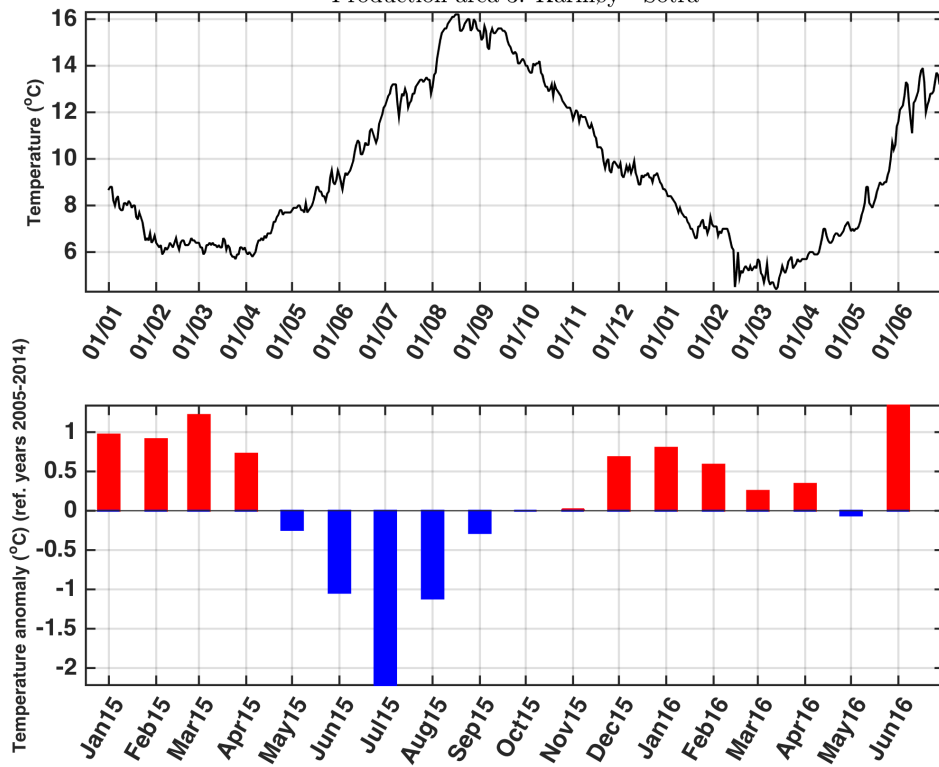
Production area 2: Ryfylke



Production area 3: Karmøy - Sotra

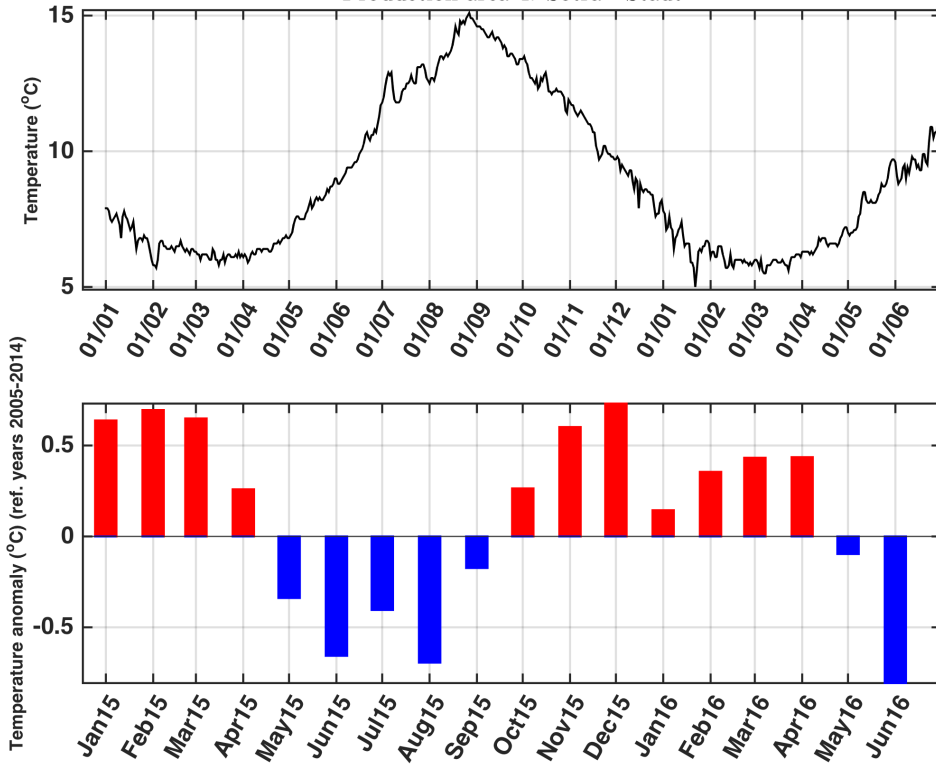


Production area 3: Karmøy - Sotra

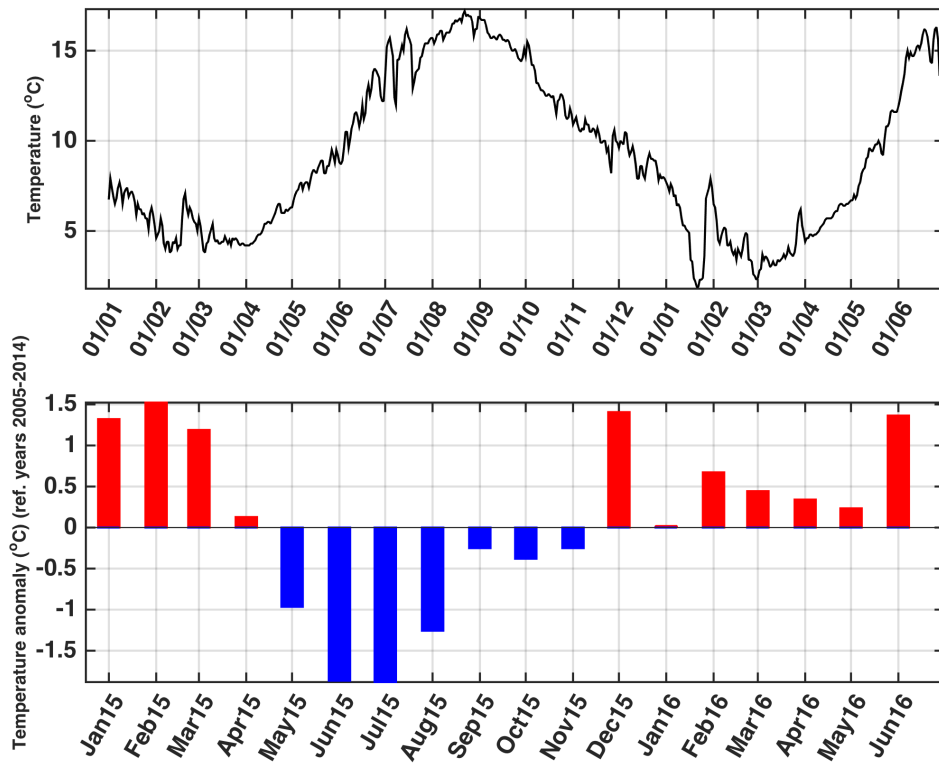




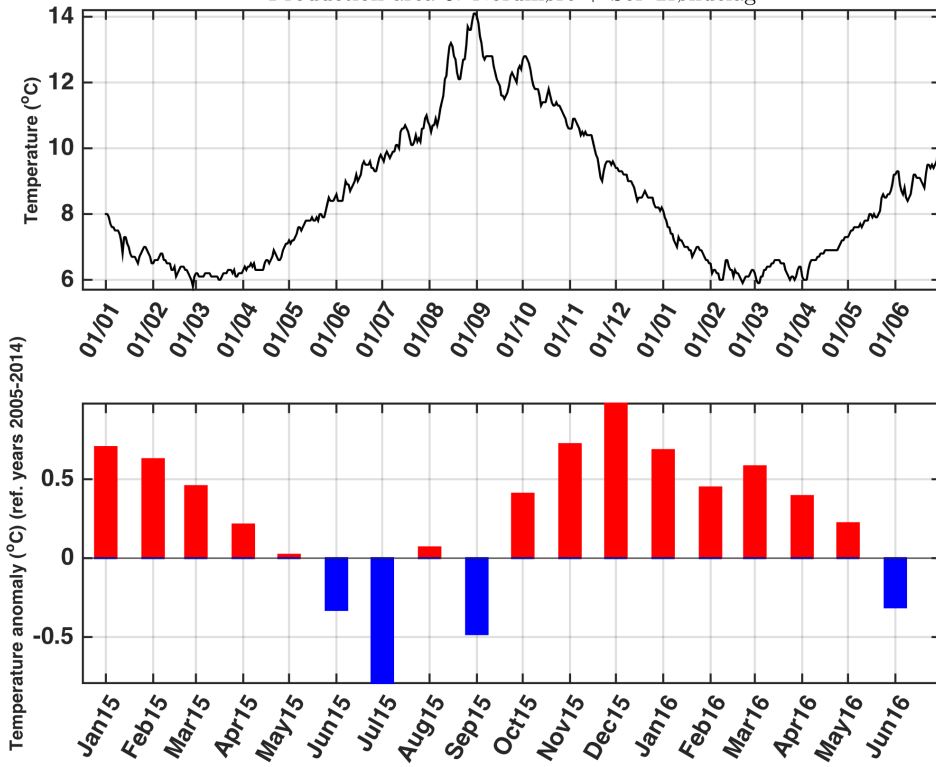
Production area 4: Sotra - Stadt



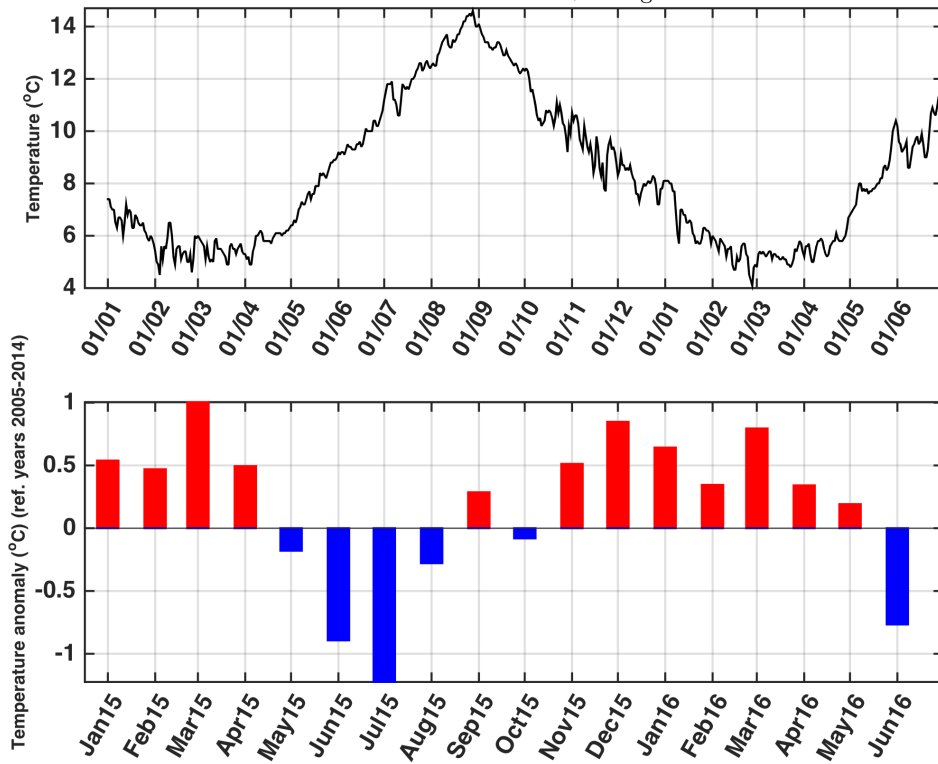
Production area 5: Stadt - Hustadvika



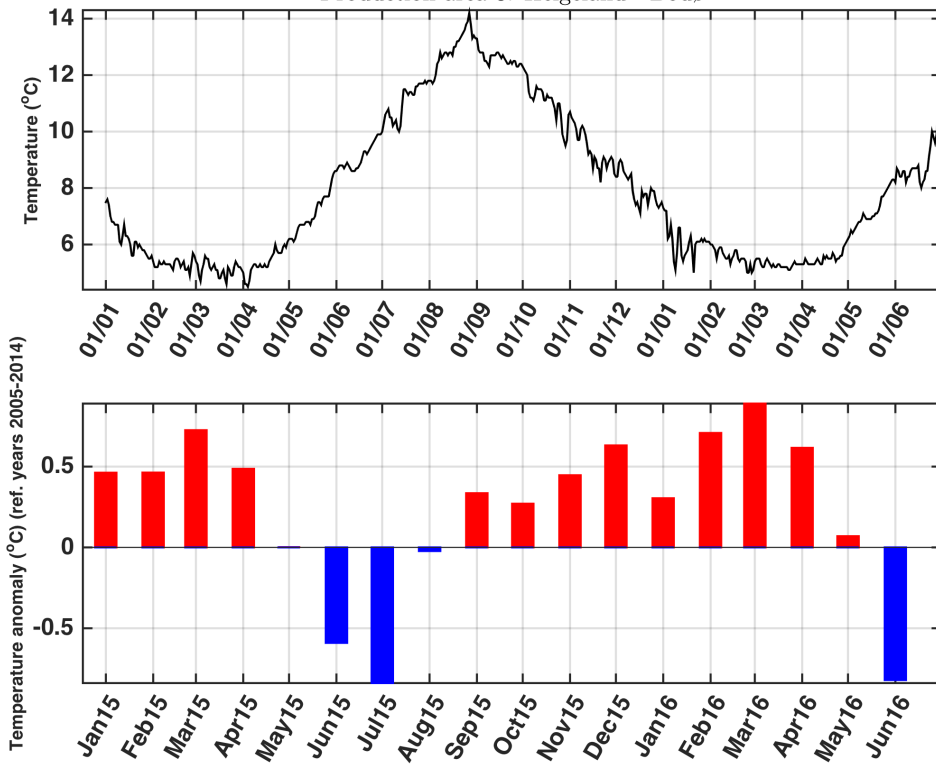
Production area 6: Nordmøre + Sor-Trøndelag



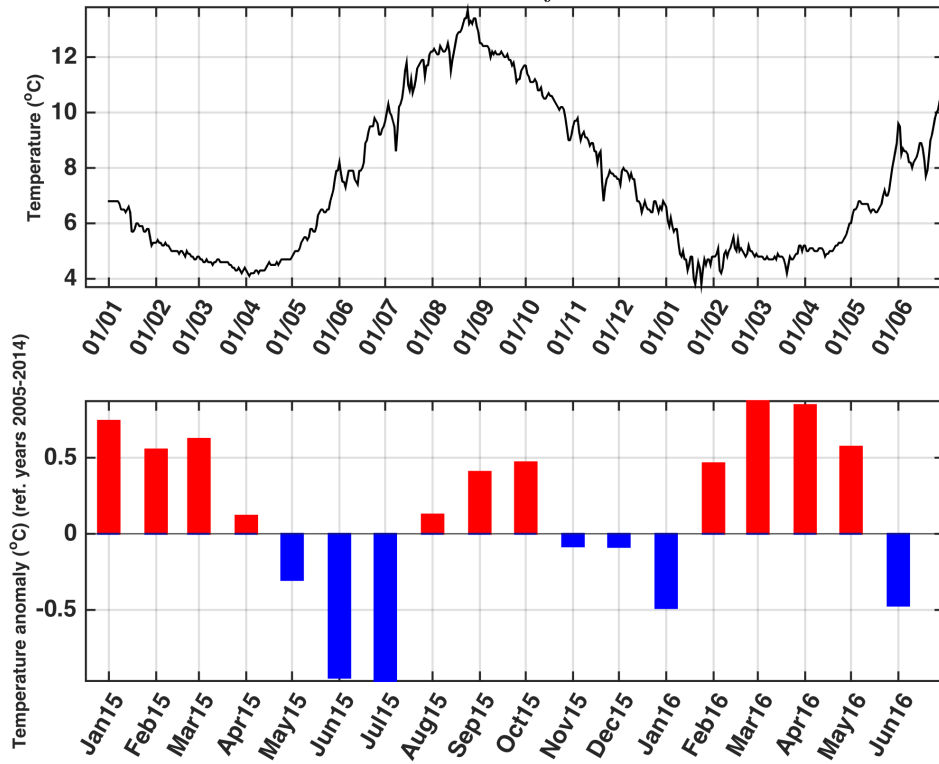
Production area 7: Nord-Trøndelag - Bindal



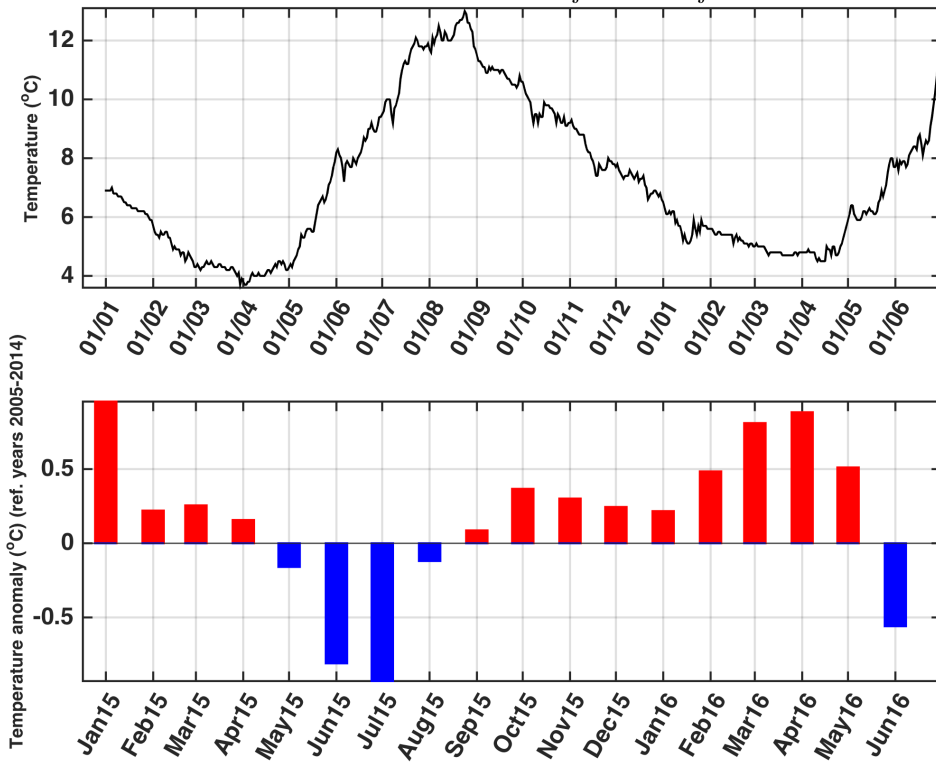
Production area 8: Helgeland - Bodø



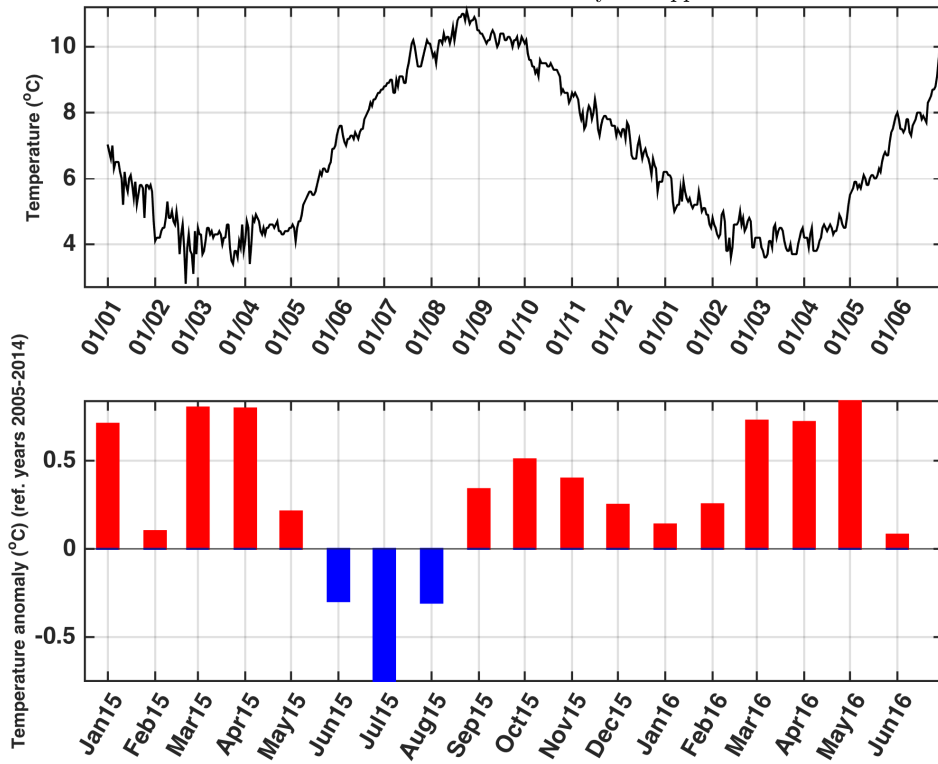
Production area 9: Vestfjorden - Vesterålen



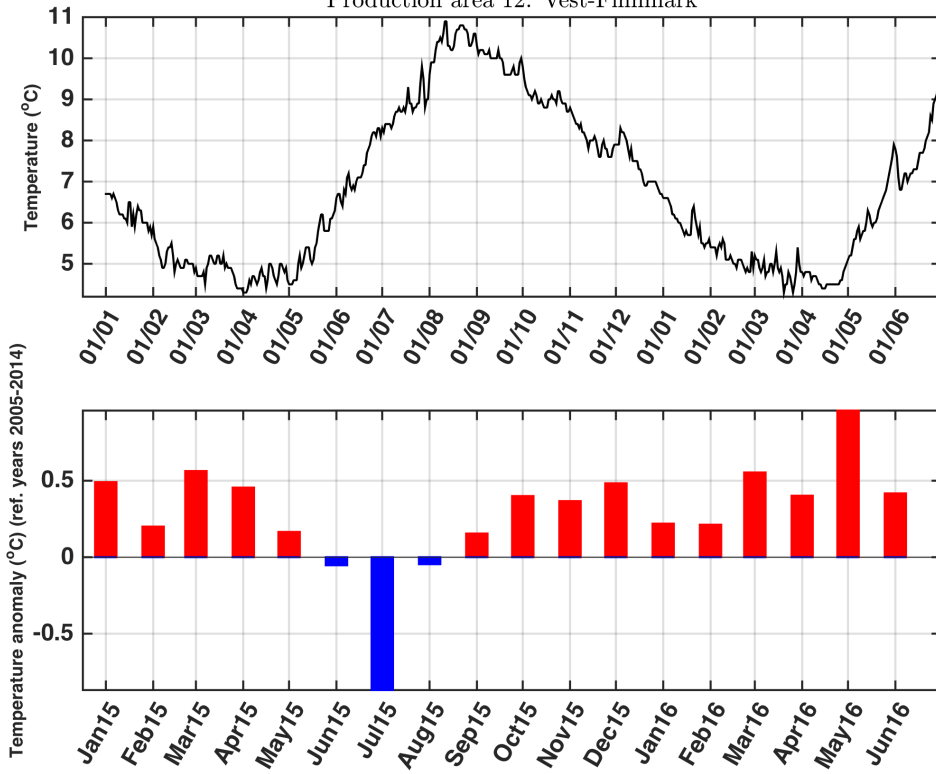
Production area 10: Andfjorden - Senja



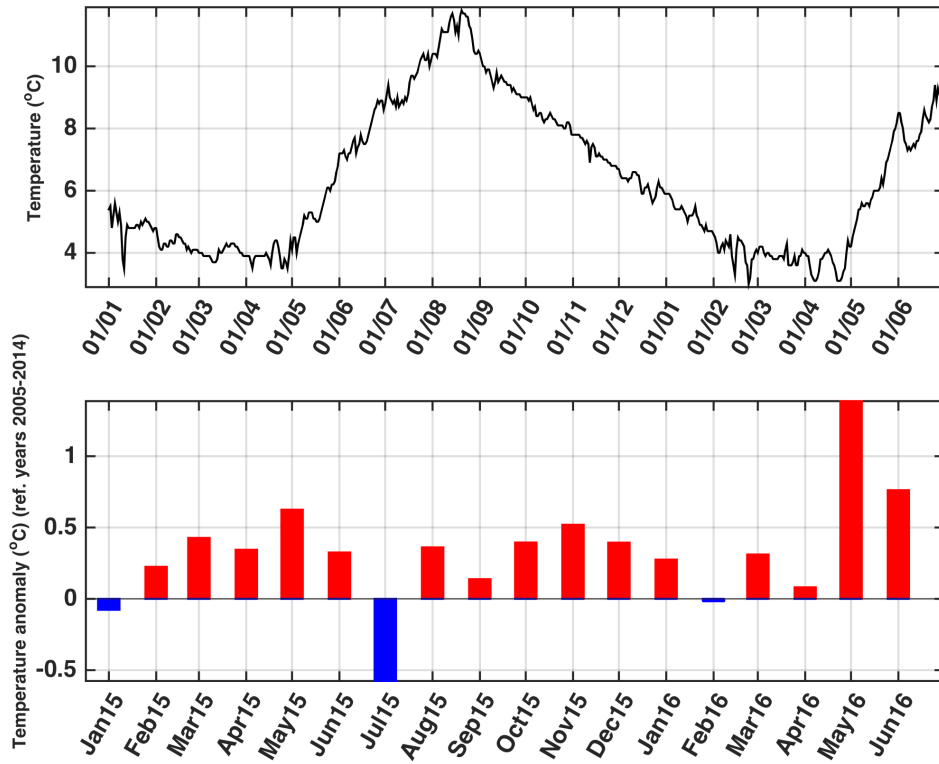
Production area 11: Kvaløya - Loppa

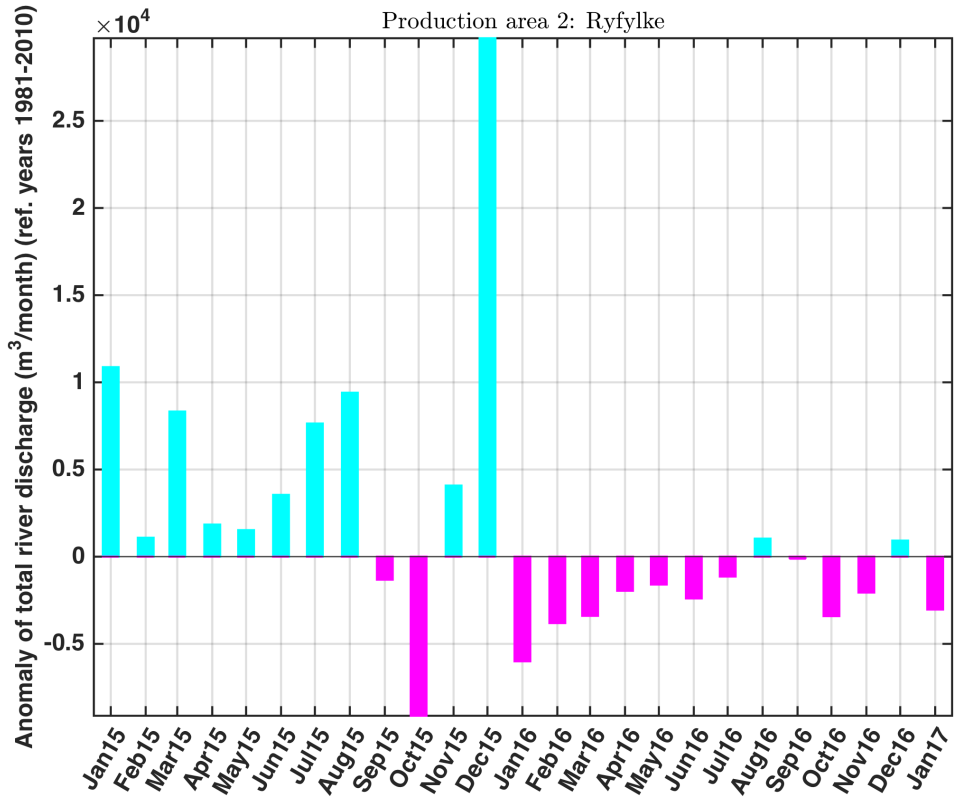
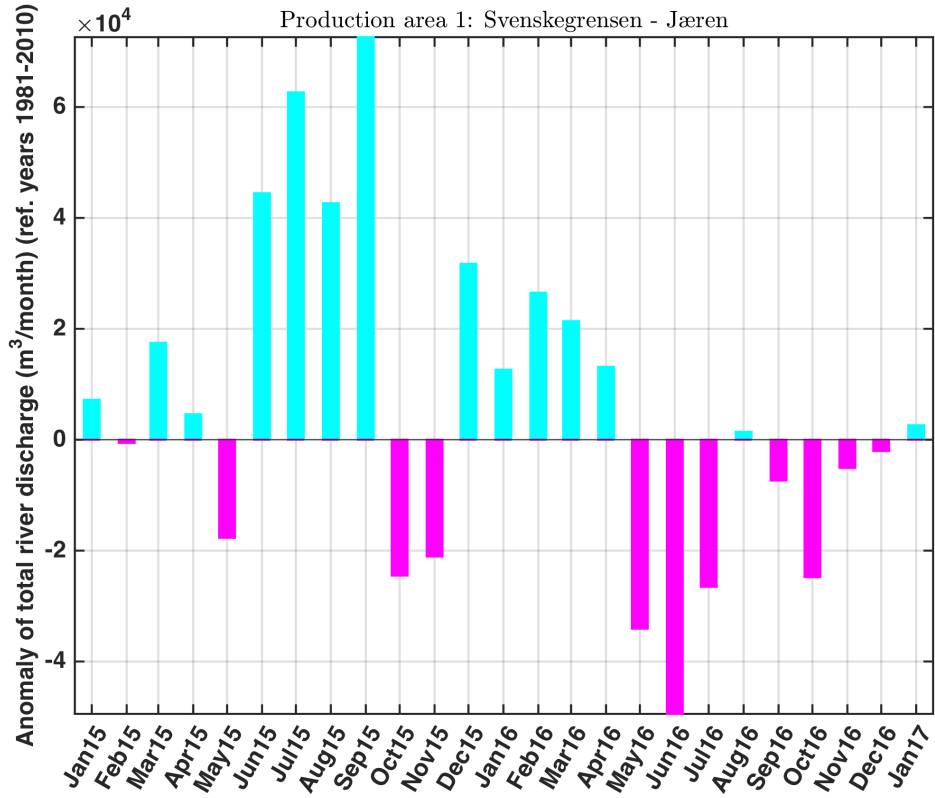


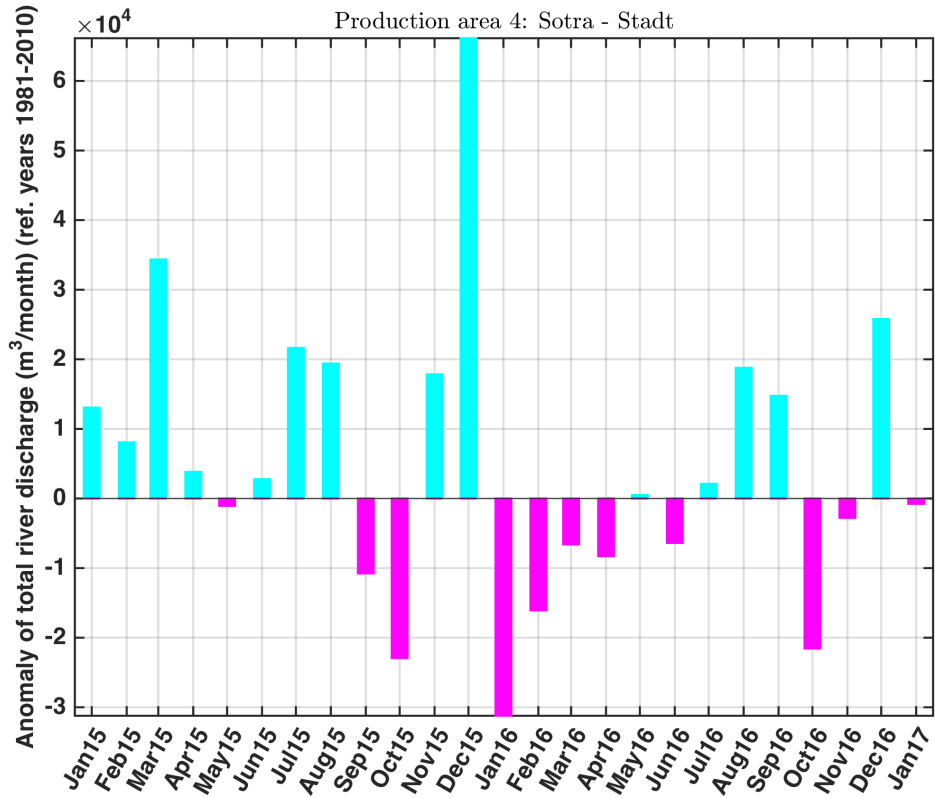
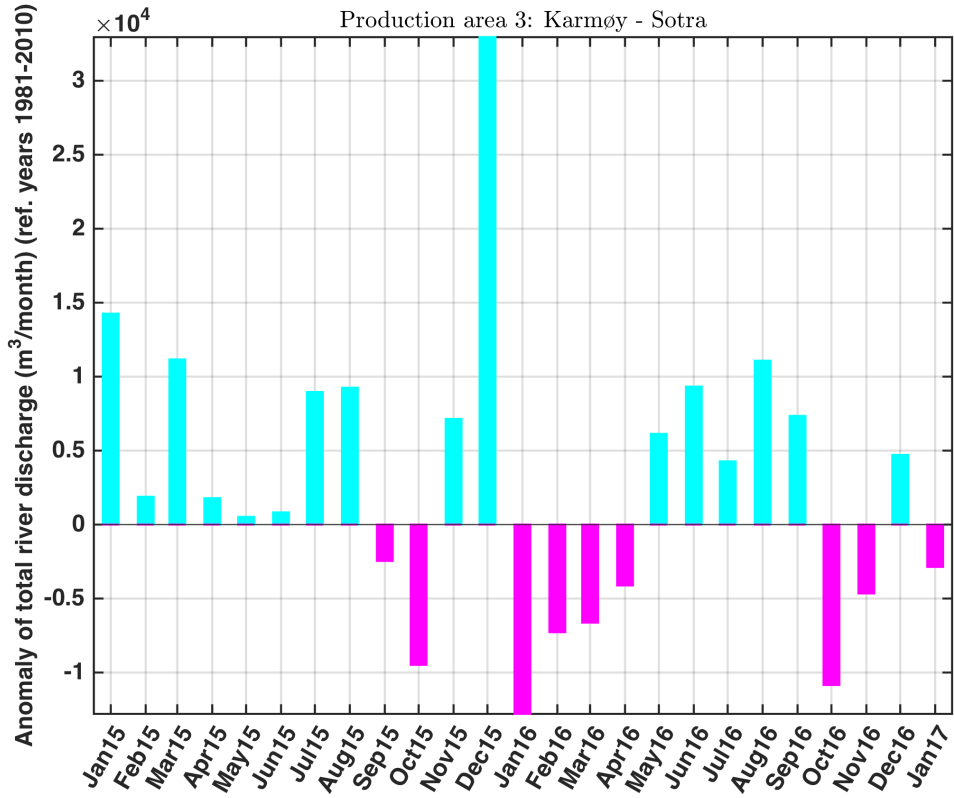
Production area 12: Vest-Finmark

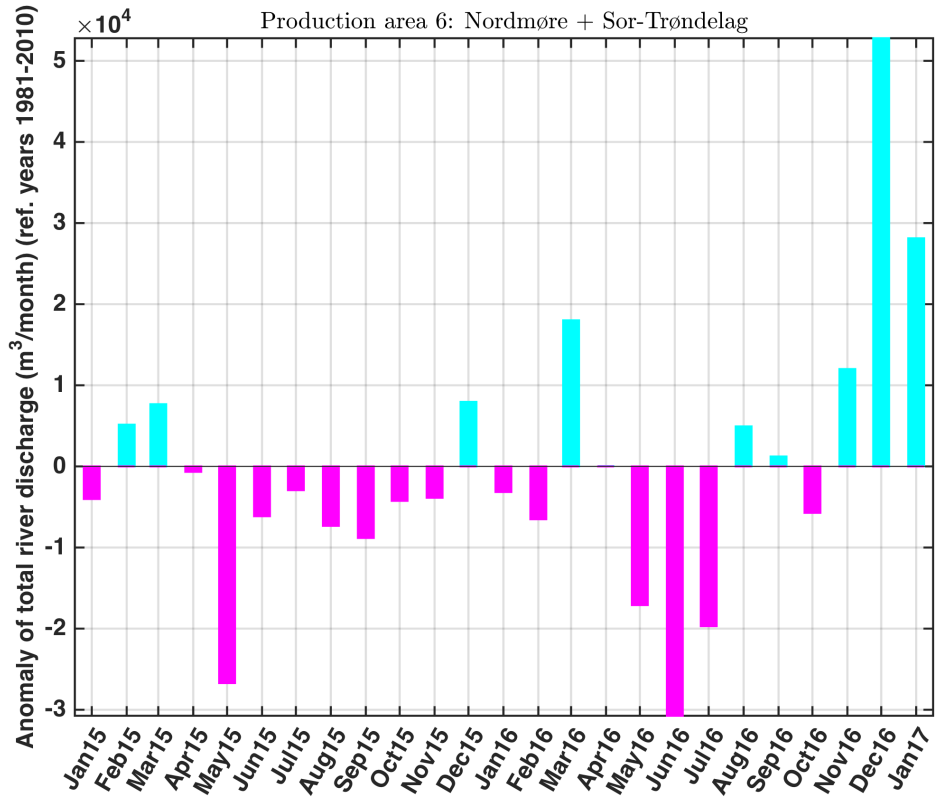
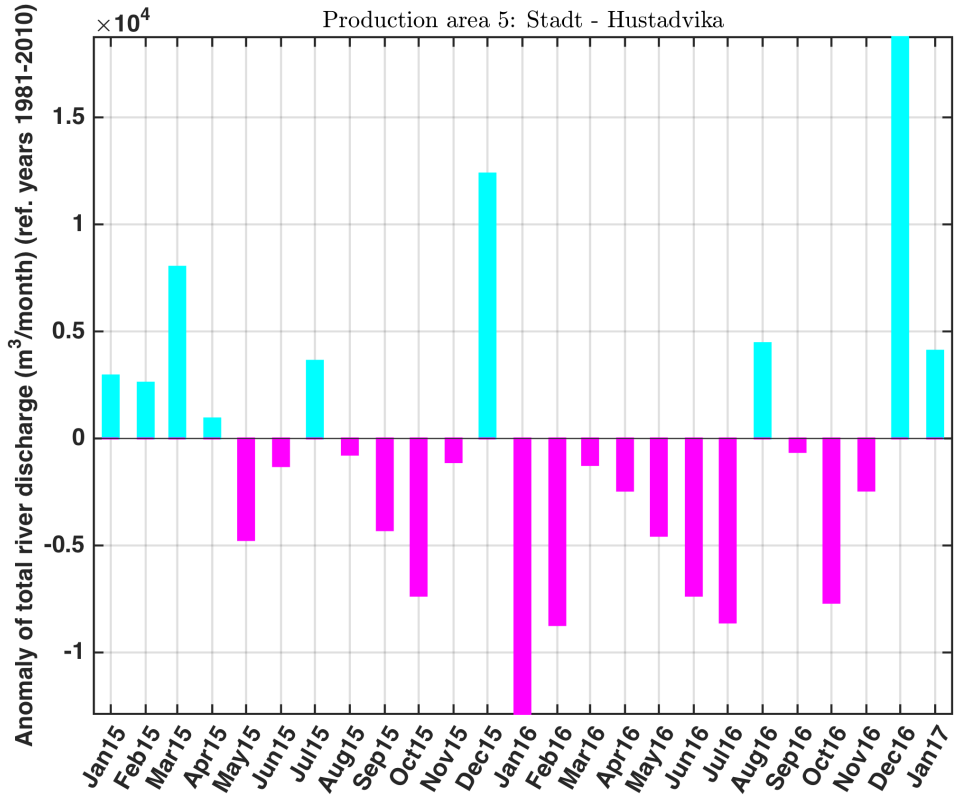


Production area 13: Øst-Finmark

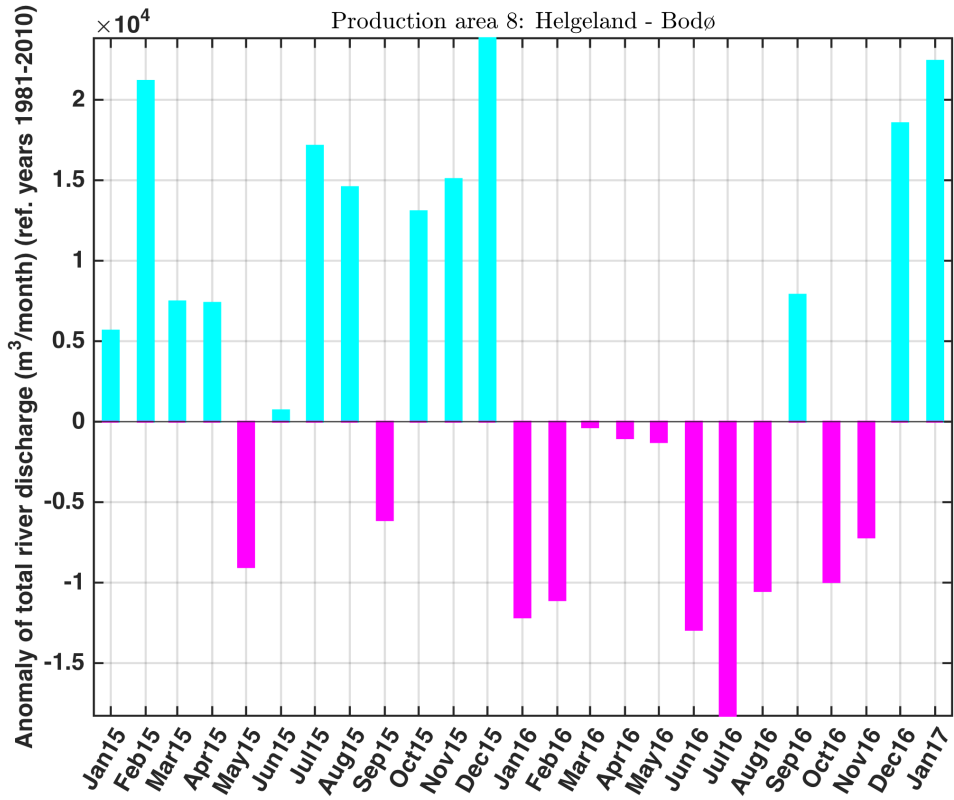
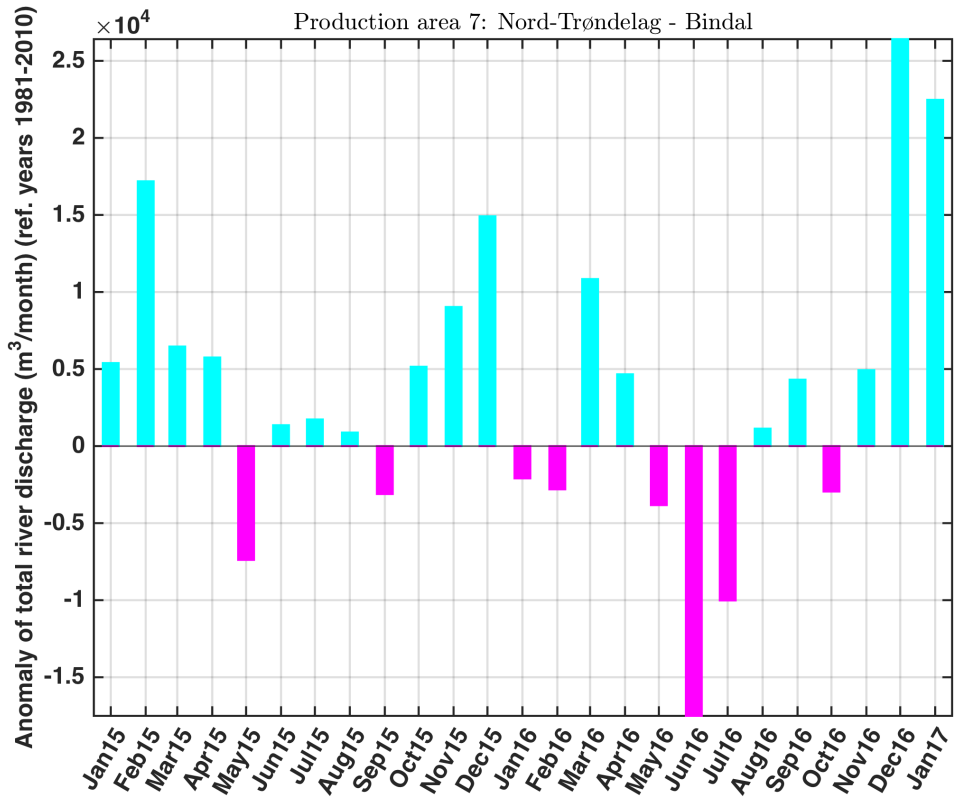


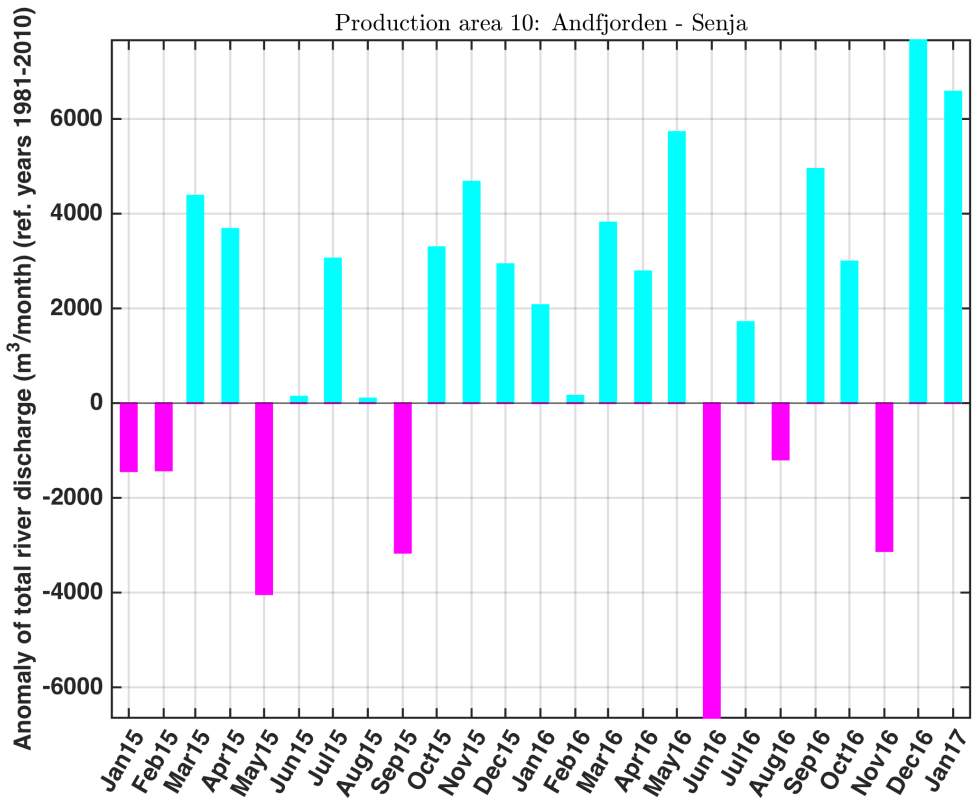
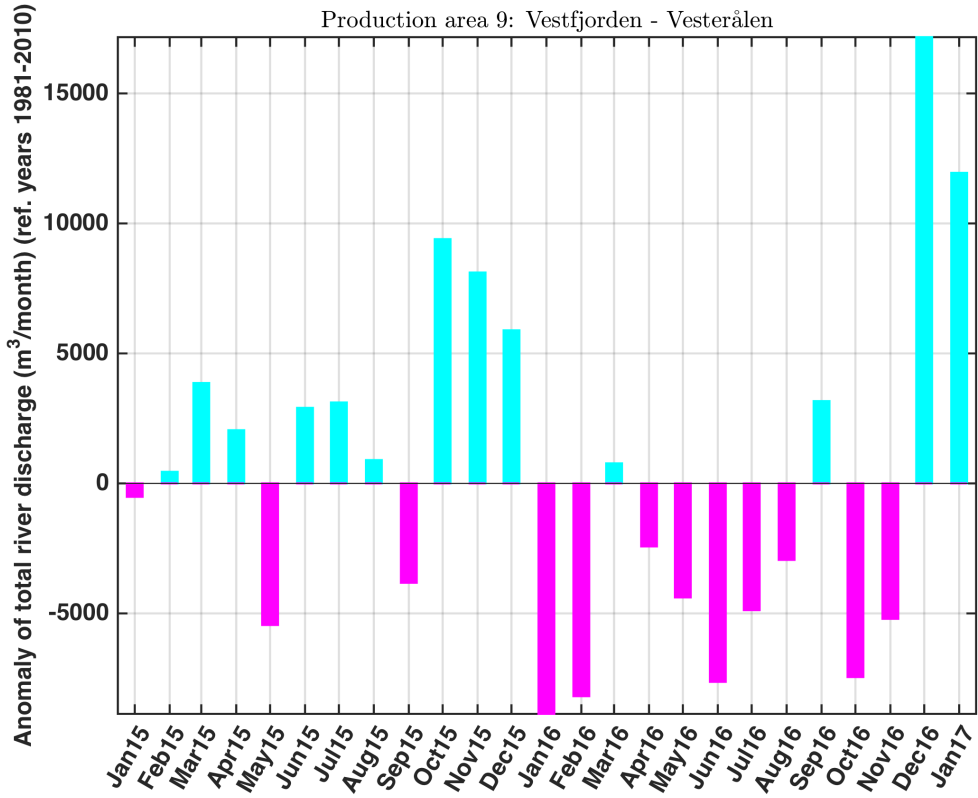


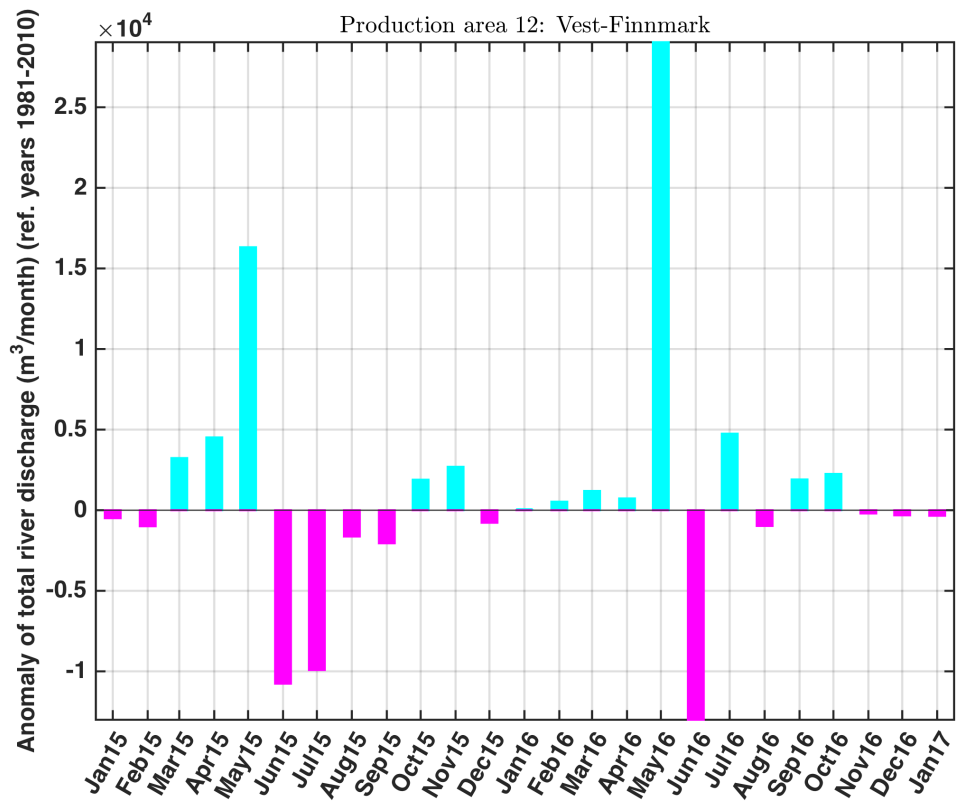
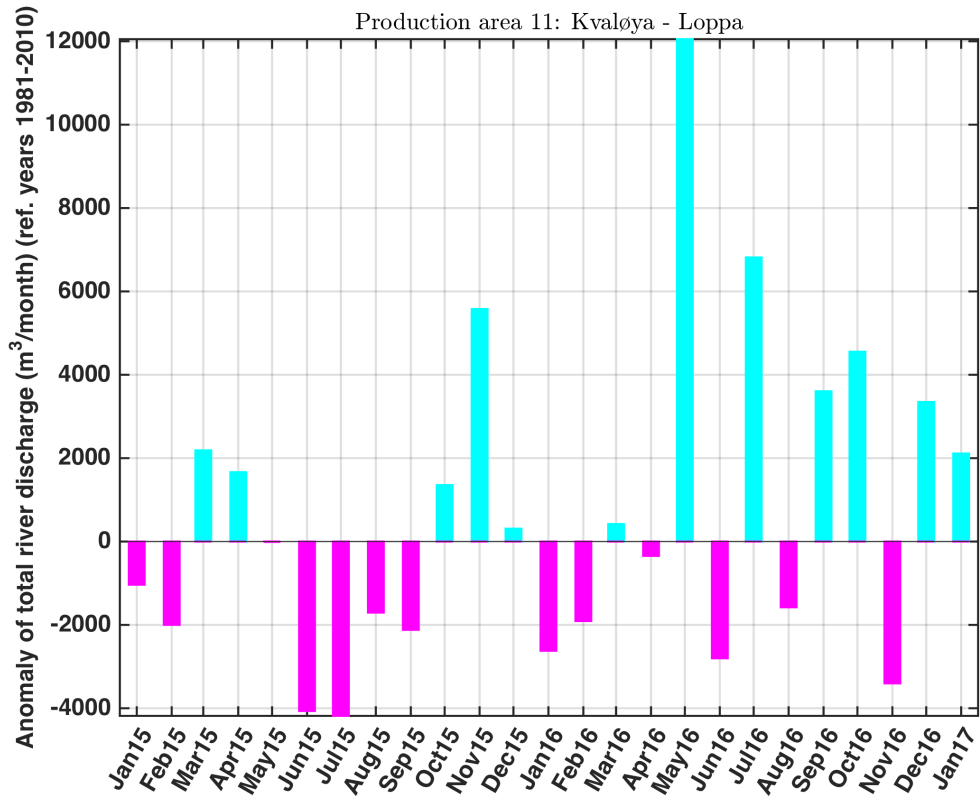


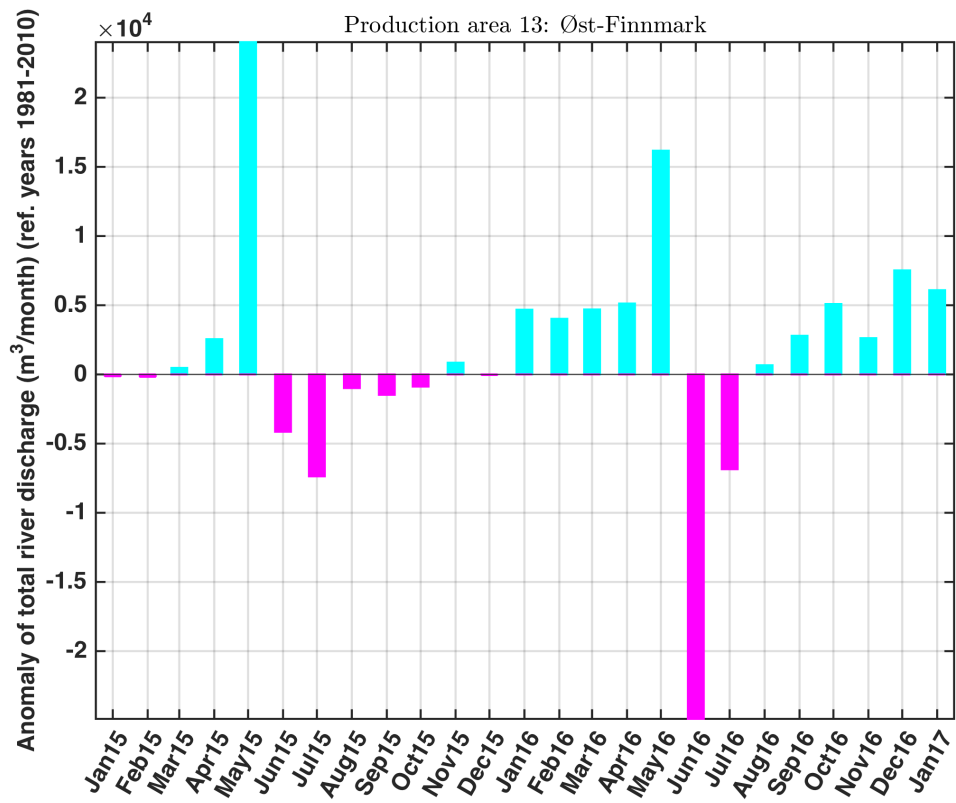












## Referanser

Albretsen, J., Sperrevik, A.K., Staalstrøm, A., Sandvik, A.D., Vikebø F. and Asplin, L., 2011. NorKyst-800 report no. 1: User manual and technical descriptions. Fiskeridirektoratet og Havet nr. 2/2011, 51 pages.

Asplin, L., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & K.K. Boxaspen. 2014. Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10:3, 216-225, DOI:10.1080/17451000.2013.810755.

Johnsen, I., 2015. Dispersal of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) in Norwegian fjords. PhD avhandling, Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen, 134 sider.

Sætre, R., 2007. The Norwegian coastal current: oceanography and climate. Trondheim, Tapir Academic Press.

# PROSJEKTRAPPORT



Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN  
Tlf. 55 23 85 00, Faks 55 23 85 31, [www.imr.no](http://www.imr.no)

Tromsø      Flødevigen      Austevoll      Matre  
9294 TROMSØ    4817 HIS      5392 STOREBØ    5984 MATREDAL

<b>Rapport:</b> Rapport fra Havforskningen	<b>Nr. - År</b>
<b>Tittel (norsk/engelsk):</b> Hydrodynamisk spredningsmodell for lakselus og konsentrasjon av smittsomme kopepoditter langs Norskekysten	
<b>Forfatter(e):</b> Anne D. Sandvik, Lars Asplin, Jon Albretsen, Pål Arne Bjørn, Ingrid A. Johnsen, Jofrid Skardhamar, Mari S. Myksvoll og Bjørn Ådlandsvik	

<b>Distribusjon:</b> UO § 15.3 (utsatt offentlighet)
<b>Havforskningsprosjektnr.:</b> 14272-02
<b>Oppdragsgiver(e):</b> Nærings- og fiskeridepartementet
<b>Oppdragsgivers referanse:</b>

<b>Dato:</b> 31.mars 2017
<b>Program:</b> Akvakultur
<b>Faggruppe:</b> Oseanografi og klima
<b>Antall sider totalt:</b> 15

<p><b>Sammendrag (norsk):</b> Denne rapporten beskriver modellsystemet, fra kildeledd til modellprodukter, som Havforskningsinstituttet bruker til å vurdere luseinfeksjoner på laksefisk langs hele kysten.</p> <p>Vedlegg IV til rapport skrevet av ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.</p>
<p><b>Summary (English):</b></p>

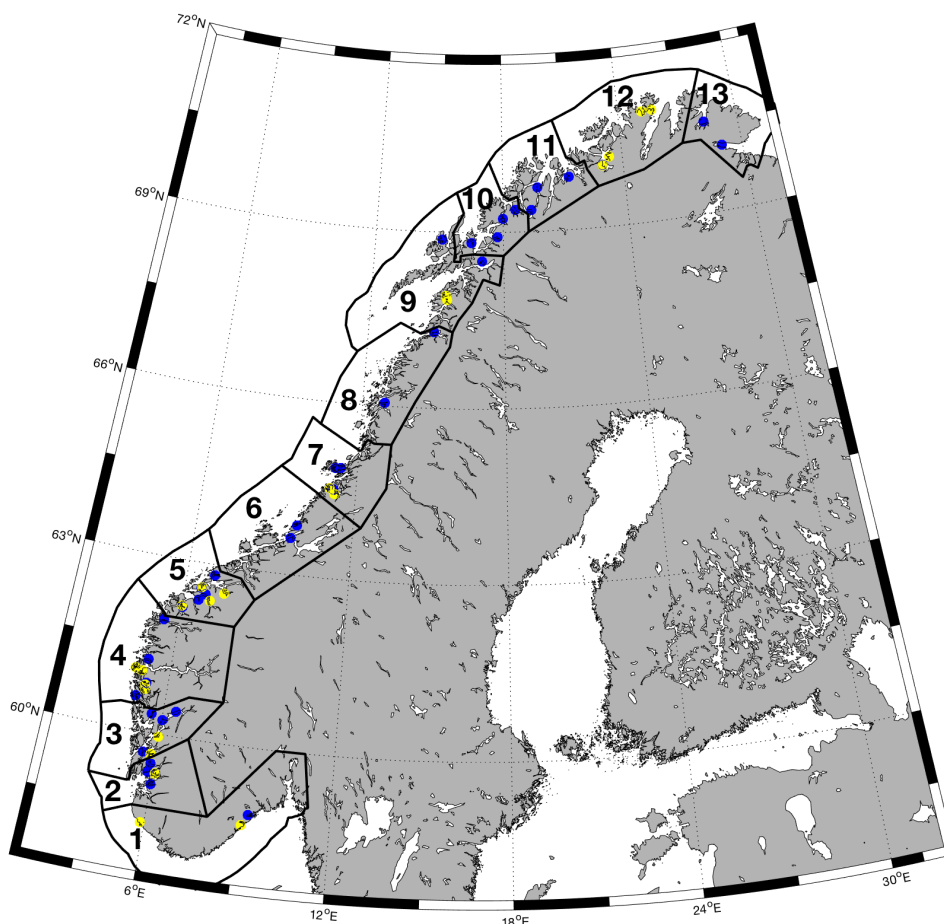
<p><b>Emneord (norsk):</b> 1. Strømmodellsystem 2. Lakselusmodell 3. Modellprodukter</p>	<p><b>Subject heading (English):</b> 1. 2. 3.</p>
--	---

  
prosjektleder

  
faggruppelider

# Hydrodynamisk spredningsmodell for lakselus og konsentrasjon av smittsomme kopepoditter langs Norskekysten

Anne D. Sandvik, Lars Asplin, Jon Albretsen, Pål Arne Bjørn, Ingrid A. Johnsen,  
Jofrid Skarøhamar, Mari S. Myksvoll, Bjørn Ådlandsvik  
31.mars 2017



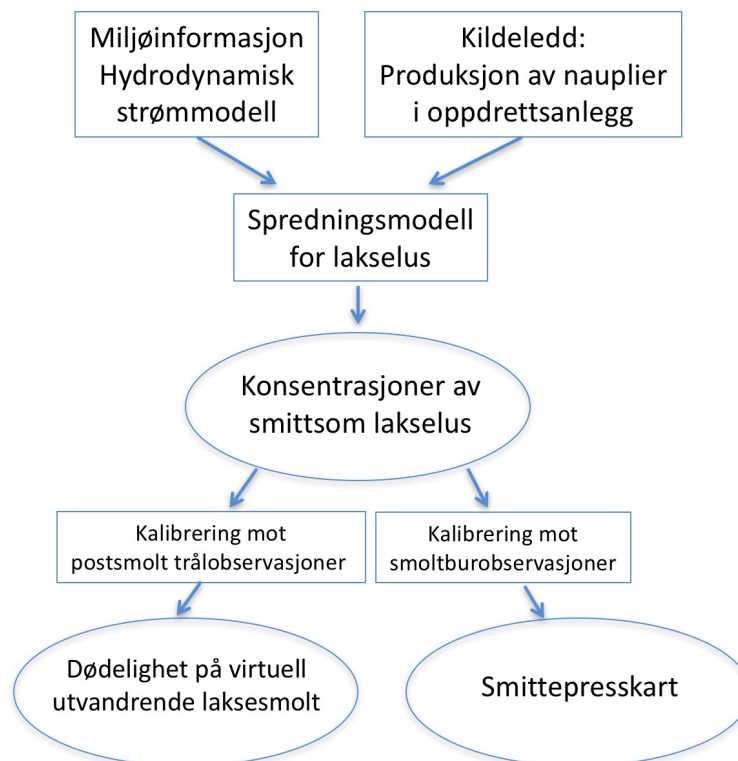
**Figur 1:** NALO posisjoner 2015 (gul) og 2016 (blå), og alle 13 produksjonssonene.



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

## Innhold

1. Bakgrunn
2. Strømmodellsystem
3. Spredningsmodell for lakselus
  - 3.1. Kildeleddet
4. Modellresultater
5. Modellresultatvalidering
6. Modellprodukter
  - 6.1. Tidsutvikling av kopepoditter innen produksjonsområdene
  - 6.2. Geografisk fordeling av kopepoditter
7. Fakta om produksjonsområdene
8. Referanser





## 1. Bakgrunn - hvorfor modellere?

Siden det er praktisk umulig å få en fullstendig oversikt over luseinfeksjoner på laksefisk langs hele kysten ved hjelp av tradisjonelle feltobservasjoner, har Havforskningsinstituttet utviklet en lakselusmodell som utfyller observasjonene, både i tid og rom. Les mer om overvåking på

[http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/overvaking\\_av\\_lakselus\\_1/nb-no](http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/overvaking_av_lakselus_1/nb-no).

Lakselusmodellen er egentlig en sammenkopling av en rekke ulike modeller som først beregner utslipp av lakselus fra alle rapporteringspliktige oppdrettsanlegg i landet. Når luselarvene så er klekket direkte inn i vannmassene (representert ved spredningsmodellen) opplever de temperatur, saltholdighet og strøm i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om biologi, adferd og dødelighet blir det beregnet hvordan larvene sprer seg i vannmassene, først som ikke smittsomme naupliene og videre som smittsomme kopepoditter. Sluttproduktet er tetthet av smittsomme lakseluslarver (kopepoditter) langs hele kysten en gang i timen.

Vi vet at tetthet av lakseluslopepoditter er proporsjonal med sannsynligheten for smitte på villfisk og at lakselusa fordeler seg i vannmassene i fjord- og kystområdene på en svært variabel måte. Denne fordelingen varierer både over korte tidsperioder og små geografiske avstander (Asplin m.fl., 2014; Johnsen m.fl., 2014; Sandvik m.fl., 2016). Dette er en naturlig konsekvens av lakselusenes vertikale posisjonering i et varierende strømfelt (Johnsen m.fl., 2016). En rekke modellsimuleringer med likt utslipp av nauplier fra ulike anlegg har blitt utført (se for eksempel <http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/90683/nb-no> og Asplin m.fl. 2014) og viser at en fullstendig beskrivelse av hvilken fordeling lakseluslopepoditter har langs kysten, bare kan gjøres gjennom å modellere spredning med bruk av informasjon om realistisk strøm, saltholdighet og temperatur.

Modellresultater for kopepodittfordeling blir hele tiden vurdert mot lakseluspåslag på villfisk fra observasjoner i felt for å etablere så presise kvantitative relasjoner som mulig.

Modellsystemet for spredning av lakselus baserer seg på eksisterende og veldokumenterte metoder, der modellene for strøm har mye til felles med værvarslings- og klimamodeller som har et omfattende vitenskapelig miljø for utvikling og validering, samt håndtering av usikkerhet. En kan også anvende modellsimuleringer for å teste ulike scenarier, som for eksempel konnektivitet mellom oppdrettsanlegg, effekten av tiltak (medisinske eller preventive) og lokalisering av oppdrettsanlegg.

## 2. Strømmodellsystem

[http://www.imr.no/temasider/modeller/kystmodellen/kystmodellen\\_norkyst800/nb-no](http://www.imr.no/temasider/modeller/kystmodellen/kystmodellen_norkyst800/nb-no)

Prinsippet for å skaffe informasjon om strøm er å inkludere en så fullstendig beskrivelse av de ulike fysiske prosessene og drivkrefter som vind, tidevann og ferskvannsavrenning som mulig. Dessuten trenger en geografisk informasjon om bunndyp i forhold til modellopløsningen. Modellsystemet beregner strøm, vannstand og hydrografi prognostisk ved hjelp av numeriske teknikker med et tre-dimensjonalt beregningsgitter, og strømmodellen vi anvender er for tiden Regional Ocean Modeling System (ROMS, [www.myroms.org](http://www.myroms.org); Albretsen m.fl., 2011). Gitteroppløsningen er 800 m horisontalt, og vi må anvende spesielle tungregnemaskiner for å gjennomføre simuleringene. Vi kjører modeller med høyere romlig oppløsning (typisk 160 m) ved behov. Vertikalt benytter vi nå 35 nivåer med høy oppløsning i de øvre 10 m for å fange opp den vertikale dynamikken som intensiveres mot overflaten. Atmosfæriske drivkrefter (vind og stråling) henter vi fra en separat vindmodell (WRF,

www.wrf-model.org, eller operasjonelle atmosfæreprognoser fra Meteorologisk institutt) og åpne grenseverdier mot havet tas fra havmodellresultater med større geografisk utstrekning og verdier minst hver time.

Strømmodellresultater valideres fortløpende mot observasjoner av strøm og hydrografi i den utstrekning disse finnes. Eksempler på dette kan finne i Asplin m.fl. (2014), Johnsen m.fl. (2014), Johnsen m.fl. (2016), Sandvik m.fl. (2016).

Resultater fra strømmodellen ligger i *Appendix III: Fysisk miljø*.

### 3. Spredningsmodell for lakselus

<http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/90683/nb-no>

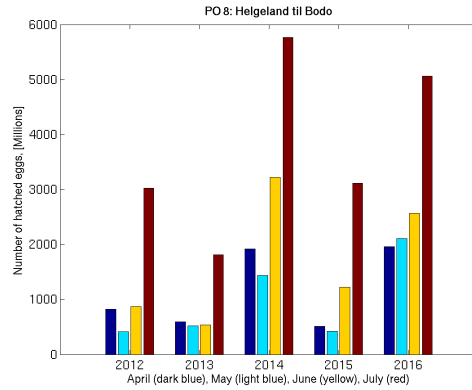
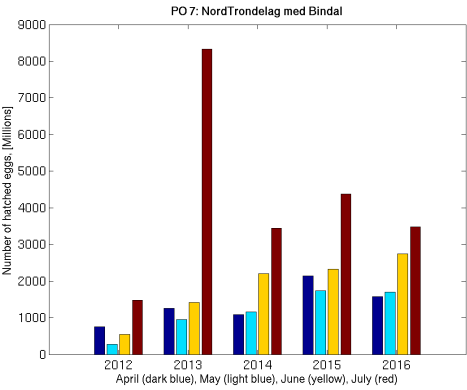
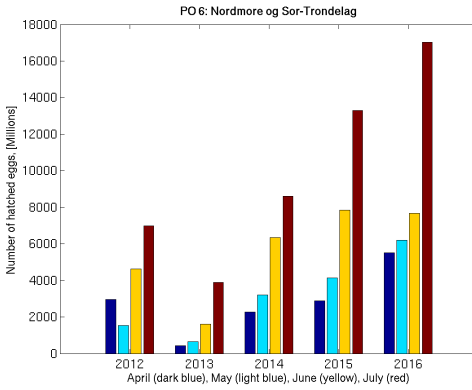
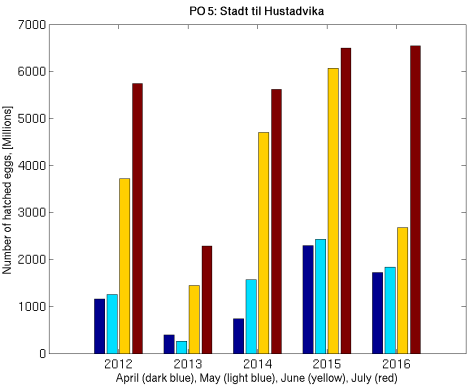
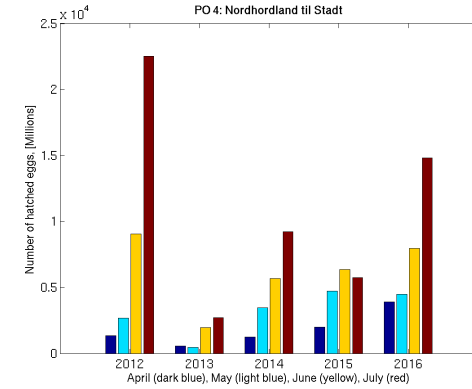
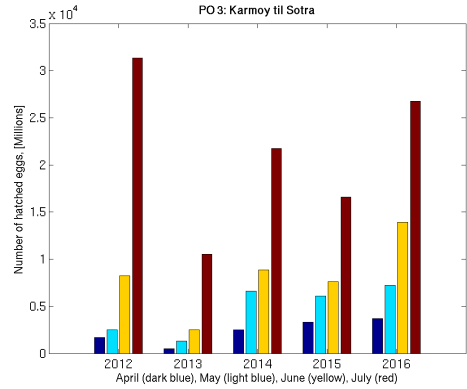
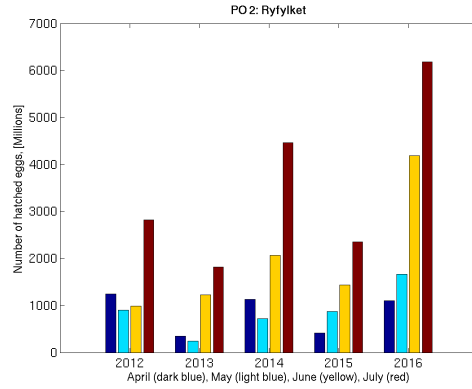
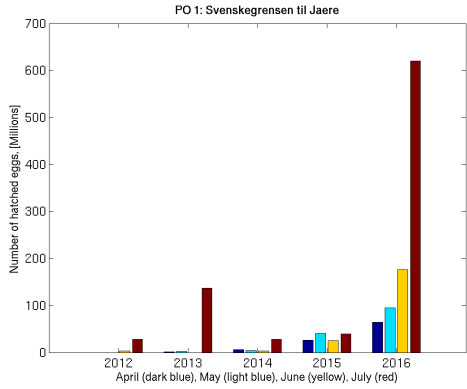
Vi har valgt å spre planktonisk lakselus som **partikler** og beregne spredningsprosessen, vekst, adferd og dødelighet basert på informasjon fra litteraturen og fra sensitivitetsstudier med modell (Asplin m.fl., 2011, Asplin m.fl., 2014, Johnsen m.fl., 2014, Johnsen m.fl., 2016). Horisontalt driver lakseluslarvene passivt med strømmen, men vertikalt er lakseluslarvene i stand til å posisjonere seg basert på miljøfaktorer som lys og saltholdighet. Lakselusene er i modellen gitt evnen til å plassere seg nær overflaten, når eksponert for lys, og å synke lenger ned i vannsøylen ved lave saltholdigheter. I tillegg vil den vertikale forflytningen inneholde småskala turbulent bevegelse.

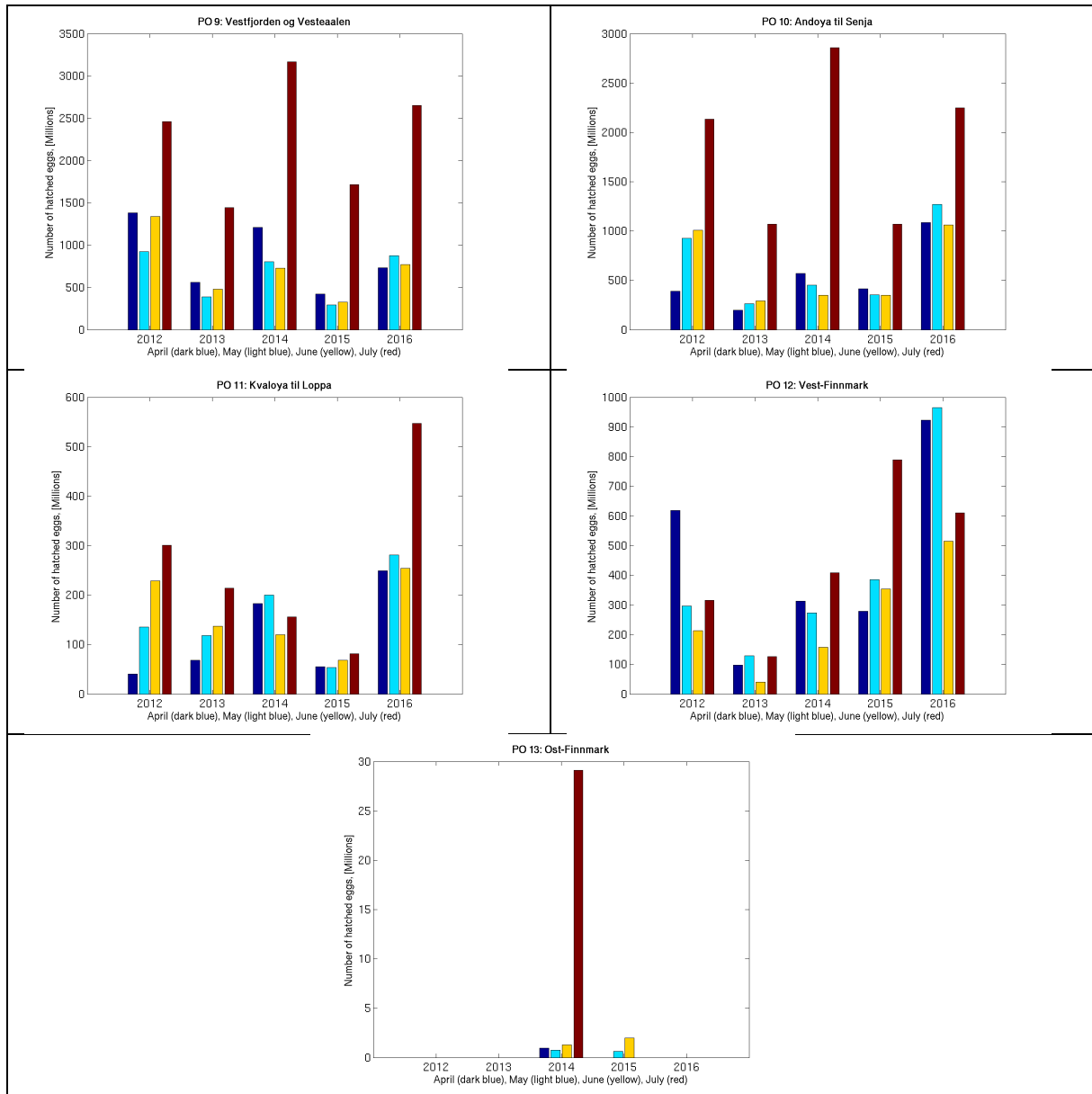
Lakselusa vil vokse og utvikle seg som en funksjon av temperatur, og vi modellerer dette ved å bruke døgngrader som er tid multiplisert med omgivelsestemperatur. Grensene for når lakselusa er i de to første nauplie-stadiene og når det er i det smittsomme kopepodittstadiet angis i døgngrader og er basert på laboratoriestudier. Det smittsomme kopepodittstadiet er antatt å være mellom 40 og 170 døgngrader (Samsing m.fl., 2016) Ved høyere vanntemperatur vil altså lakselusa raskere bli kopepoditt samtidig som levetiden som kopepoditt er kortere.

I forhold til kvantitative mål for lakseluskonsentrasjon vil dette hovedsaklig være avhengig av hvor mange nauplier som klekkes (kildeledd, hovedsaklig lus på oppdrettsfisk) og hvor stor dødeligheten er. Begge ledd inneholder i dag (og i overskuelig fremtid) usikkerheter, og selv om vi benytter best tilgjengelig kunnskap forventer vi at det er et potensiale for å forbedre denne framover. Fordelingen av lakseluskopepoditter i rom og tid vil derimot rent kvalitativt bare i mindre grad påvirkes av detaljer i kildeledd eller dødelighet. Manglende kilder vil derimot kunne være av stor betydning.

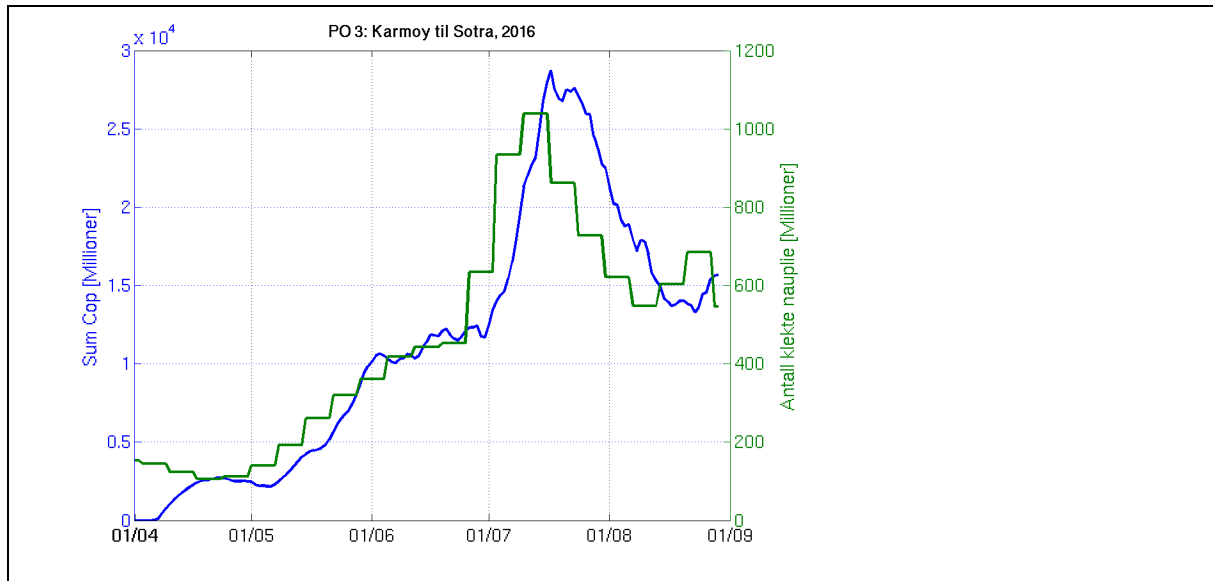
#### 3.1 Kildeleddet

En detaljer beskrivelse av hvordan vi beregner kildeleddet er lagret i et google dokument <https://docs.google.com/document/d/1zjAG6jxURC7UwVAVdZJseRl3ZDRRfZkxYc9nyXEb46A/pub>. Siden produksjonsområdene er plassert slik at det skal være minimal utveksling av partikler mellom områdene vil summen av antall infektive kopepoditter følge klekkingen av nauplier med en tidsforsinkelse som er avhengig av temperaturen, som vi kan se av eksempelet i Figur 3. Informasjonen om antall infektive kopepoditter er egentlig et bedre mål på den samlede tilstanden i produksjonsområdet, men fordelingen med å plote antall klekte nauplier er at vi slipper å kjøre modellen. Her er summen (over måned) av antall klekte nauplier per produksjonsområde plottet år for år. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene.





**Figur 2:** Kildeleddet (antall klekte nauplier) integrert over produksjonsområde. Merk at skalaen på y-aksen varierer mellom produksjonsområdene.



**Figur 3:** Sum over antall nyklekte nauplier (grønn) og sum over antall smittsomme kopepoditter (blå) i produksjonsområde 3. Kurvene følger hverandre, men kopepodittene ligger litt etter naupliene og har lavere verdi pga en konstant dødelighet på 17% per dag.

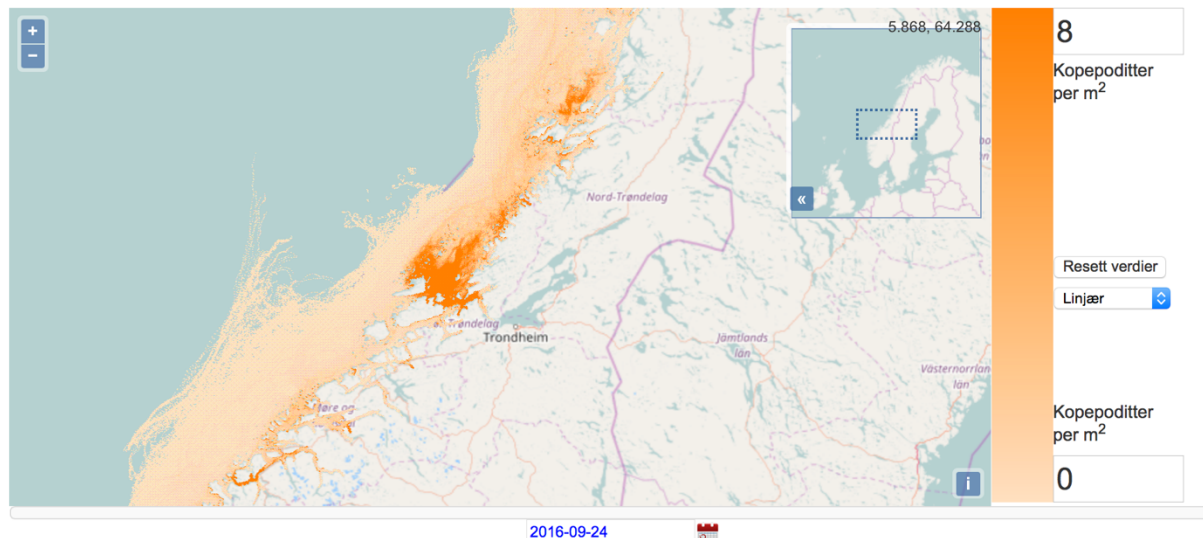
#### 4. Modellresultater

Sluttproduktet fra lakselusmodellen er en geografisk fordeling av planktonisk lakselus (stadiefordelt på nauplier og kopepoditter) time for time for en tidsperiode. Dette summeres gjerne til konsentrasjon pr. m<sup>2</sup>, eventuelt bare for den øvre delen av vannsøylen hvor vi antar at den ville fisken hovedsakelig oppholder seg.

Denne typen resultater kan produseres for en hvilken som helst periode der vi har modellresultater for strøm, samt reelle estimat på hvor mange lakselusnauplier som slippes ut. Dette siste får vi gjennom den rapporteringen industrien gir ukentlig for antall lus og månedlig for biomasse. Ideelt sett skulle denne informasjonen vært tilgjengelig hyppigere. I 2016 har Havforskningsinstituttet gjennomført operasjonelle simuleringer av lakseluskonsentrasjoner langs Norskekysten basert på rapporter fra alle oppdrettsanlegg i drift samt resultater fra Meteorologisk institutts operasjonelle simuleringer av strøm med modellen NorKyst800 (Figur 4). Resultatene lagres ukentlig som 10-dagers gjennomsnittsverdier på Havforskningsinstituttets webside (<http://webprod1.nodc.no:8080/smittepress/v1/>).

## Smittepress lakselus

(14.9.2016 - 24.9.2016)



**Figur 4.** Eksempel på fordeling av smittsomme lakseluskoepoditter. Fordelingen gjelder for perioden 14-24. september 2016 og viser antall kopepoditter pr. m<sup>2</sup> utenfor Midt-Norge. Figuren er hentet fra Havforskningsinstituttets operasjonelle lusesimulering (<http://webprod1.nodc.no:8080/smittepress/v1/>).

For områder av særskilt interesse eller der kystlinjen tilsier at vi trenger høyere romlig oppløsning enn NorKyst800 (800 m gitter), gjennomfører vi rutinemessig spredningssimuleringer med strømmodellresultater fra 50m til 160m (andre områder kan simuleres ved behov).

## 5. Modellresultatvalidering

Det er viktig å kunne bestemme i hvilken grad modellresultatene gir en realistisk beskrivelse av det smittepresset de ville laksefiskene opplever. Validering av denne type modellsystem er imidlertid ingen enkel øvelse. For det første estimerer modellen antall smittsomme lakseluskoepoditter (smittedose), mens de aller fleste observasjoner er fra tellinger av lakselus (koepoditter og andre stadier) som sitter på fisken (smitterespons). Vi trenger altså å etablere en sammenheng mellom antall kopepoditter i vannmassene og det antallet som fester seg på fisken. Det finnes noen studier som beskriver hvordan temperatur, saltholdighet og strøm påvirker smitteprosessen. Det er vist at smitteeffektiviteten er påvirket av temperatur, saltholdighet og strømhastighet (Tucker m.fl., 2000; Browman m.fl., 2004; Genna m.fl., 2005; Frenzl, 2014). Hvordan man skal representere denne smitteprosessen som en funksjon av flere variable er imidlertid enda ikke beskrevet i litteraturen, og som en første ordens tilnærming antar vi en lineær sammenheng mellom smittedose og smitterespons for individuell fisk. For det andre må vi finne en best mulig måte å sammenligne diskrete punktobservasjoner som har grov tidsoppløsning med modellresultater som har god oppløsning i både tid og rom. Dette er heller ikke rett frem og det er mulig å velge flere fremgangsmåter, samt ulike parametre som sier noe om kvaliteten på modellproduktet. En oversikt over litteraturen på dette feltet, samt de valg som er gjort for å sammenligne modellresultatene med observasjoner fra smoltbur i Hardangerfjorden er i beskrevet i Sandvik m. fl., 2016.

Resultatene fra Hardangerfjorden, som inkluderer fire år og mer enn 100 ulike datapunkt, viste at fordelingen av lakseluslarver estimert med modellen passet godt sammen med den

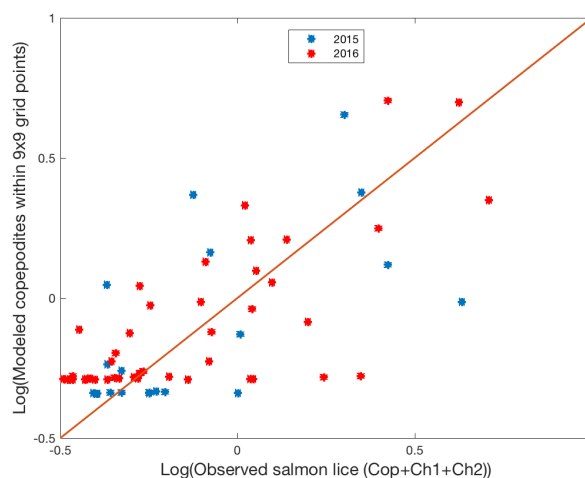
skjeve fordelingen som kom frem i det observerte datasettet, inndelt i infeksjonsklasser. Infeksjonsklassene er definert som under 1 lus i snitt på burfisk (abundans), 1-5 lus, 5-10 lus og mer enn 10 lus. I 78% av burobservasjonene var modellen i stand til å estimere riktig infeksjonsklasse, mens den i 18% av burobservasjonene underestimerte med en luseklasse, mens de resterende 4% ble over eller underestimert med 2 luseklasser. Det ble også vist at den høye treffsikkerheten til modellen er langt over det vi kunne ha oppnådd ved en ren tilfeldighet.

I et pågående arbeid har vi videre sammenlignet modellert fordeling av lakseluskoepoditter med observert mengde lus på villfanget ørret. Vi har kun sett på fisk som ble fanget i den første perioden av overvåkingen (Nilsen m.fl., 2017), siden denne best representerer forventet utvandringstidspunkt for laksesmolt i de ulike områdene. Vi har videre avgrenset til fisk som er mindre enn 150 gram. Perioden strekker seg fra 23. mai på Sørlandet til slutten av juni i Finnmark. Datagrunnlaget fra 2015 utgjør da 1088 fisk fordelt på 21 stasjoner og fra 2016 var det 1733 fisk fordelt på 44 stasjoner. Fra observasjonene har vi summert opp antall tidlige lus (koepoditter, chalimus 1+2) og beregnet totalt antall lus relativt til vekt (lus per gram kroppsvekt) i gjennomsnitt for hver stasjon. Fra modellen har vi beregnet antall koepoditter innenfor ulike radius fra observasjonspunktet (3x3, 5x5, 9x9 gridruter), midlet i rom og summert over en tre ukers periode som inkluderer de to ukene prøvofisket har foregått og en uke i forveien (Tabell 1, Figur 5).

**Tabell 1:** Spearman rank korrelasjon mellom observasjoner (tidlige stadier og relativt antall per gram) og modellresultater i ulike radius omkring observasjonspunktet (3x3, 5x5, 9x9 gridpunkter).

2015/2016	Tidlige stadier	Totalt antall (lus/gr)
3x3 gridruter	0,61/0,57	0,63/0,67
5x5 gridruter	0,61/0,64	0,62/0,69
9x9 gridruter	0,71/0,69	0,73/0,72

Når man slår sammen de to ulike årene til en lang serie blir korrelasjonen 0,675 for tilfellet med tidlige stadier og 9x9 gridpunkter (0,71/0,69). Ellers er tidsseriene holdt separat fordi antall observasjoner er cirka dobbelt så mange i 2016 sammenlignet med 2015 og stasjonene er ikke nødvendigvis de samme mellom år. 2016 var også det første året med observasjoner i alle produksjonsområder.



**Figur 5.** Sammenheng mellom observerte lusepåslag (tidlige stadier) og modellert konsentrasjon av kopepoditter (9x9 gridruter) for 2015 (blå) og 2016 (rød), tidsseriene er standardisert og plottet på logaritmisk skala for sammenligning.

Sammenligningen viser at modellen viser høy korrelasjon mellom modellert og observert smittepress i hele landet. Kvaliteten på modellresultatene anses derfor som svært god og man kan dermed konkludere at modellen beregner realistisk smittepress i alle produksjonsområdene, både høye og lave verdier.

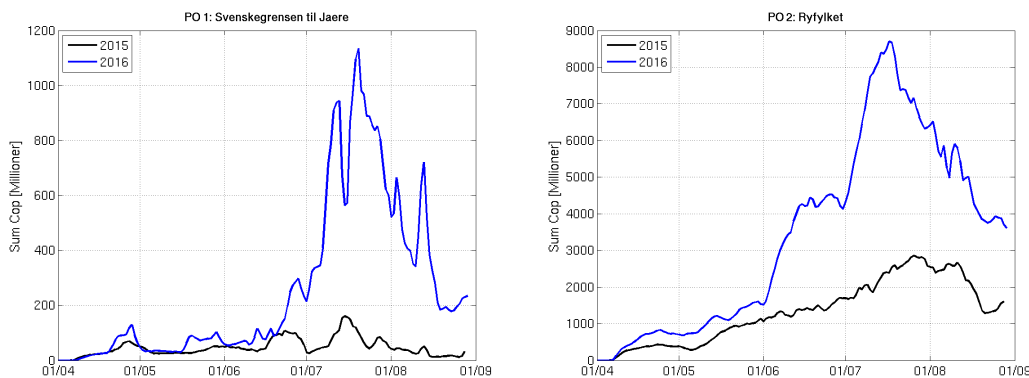
## 6. Modellprodukter

Sluttproduktet fra lakselusmodellen er antallet smittsomme kopepoditter i produksjonsområdene til enhver tid. Summen over hvert produksjonsområde er vist som tidsserier for 2015 og 2016 under.

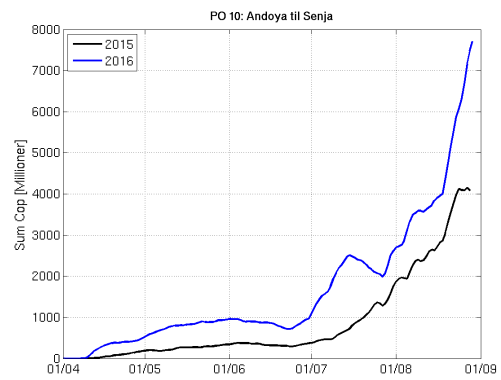
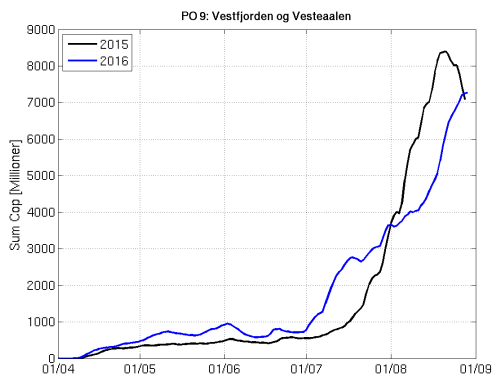
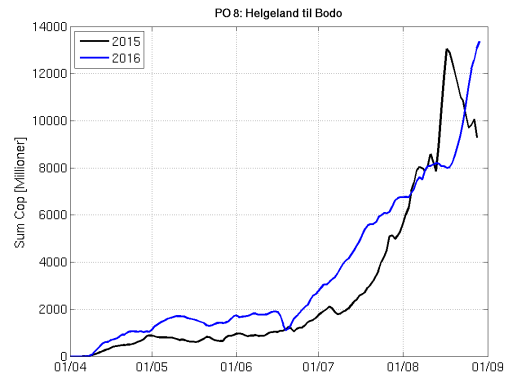
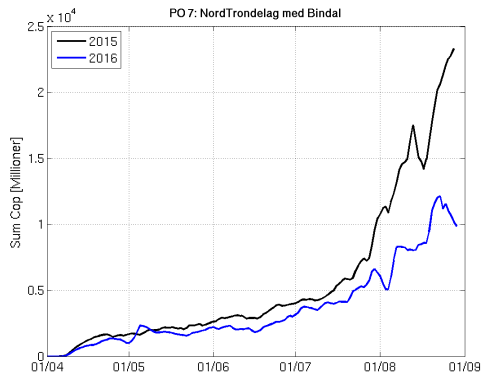
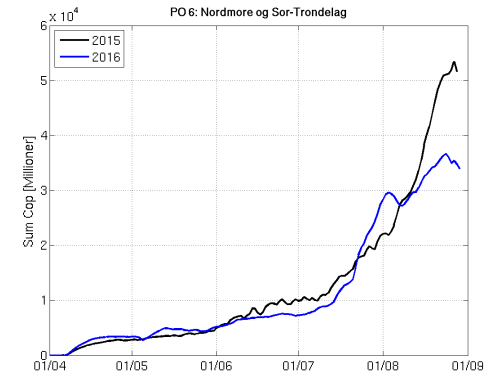
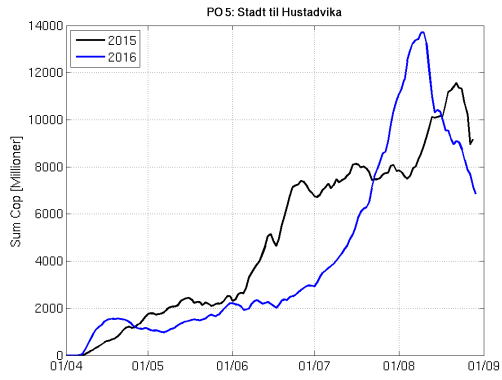
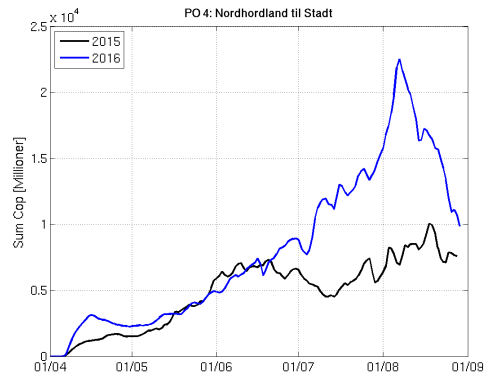
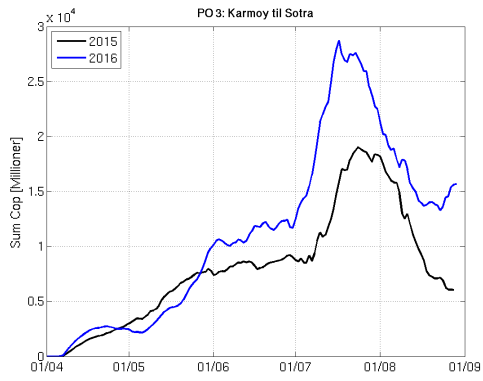
### 6.1 Tidsutvikling av kopepoditter innen produksjonsområdene

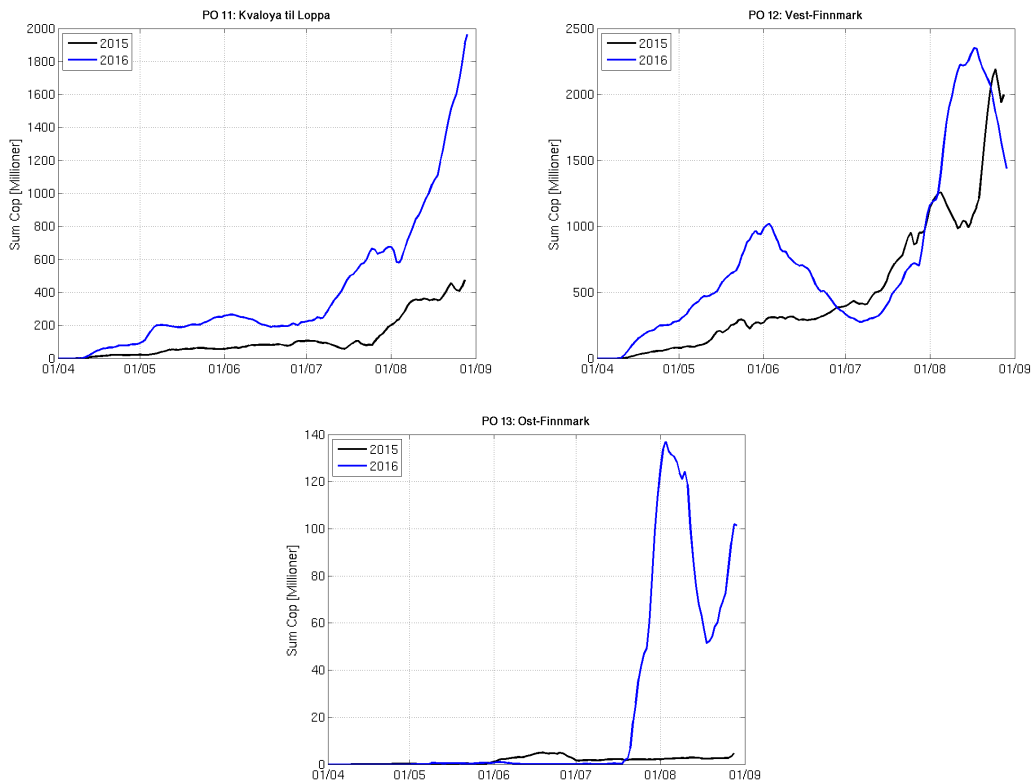
Gitt at den modellerte fordelingen av smittsomme lakseluskopepoditter i rom og tid er en realistisk beskrivelse av det reelle smittepresset for villfisk, og gitt at sammenhengen mellom smittedose og smitterespons er tilnærmet lineær, kan vi estimere individuell smitte på den villfisken som befinner seg i modellområdet. Vi trenger da å kjenne hvor fisken er og når den er der for å sammenholde med den modellerte kopepodittkonsentrasjonen. Med denne bakgrunnen har vi definert to ulike produkter som søker å relatere modellresultatene til dødelighet på villfisk i produksjonsområdene: *Smittepresskart* og *Virtuell smoltutvandring*. Disse produktene er beskrevet i Appendix V og VI sammen med resultater for 2015 og 2016.

Figurer med tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter i hvert produksjonsområde for 2015 og 2016 som beregnet med spredningsmodellen for lakselus. Siden den tillatte biomassen, og dermed mulig antall klekte nauplier, varierer mye mellom de ulike produksjonsområdene, har figurene ulik skala på y-aksen.





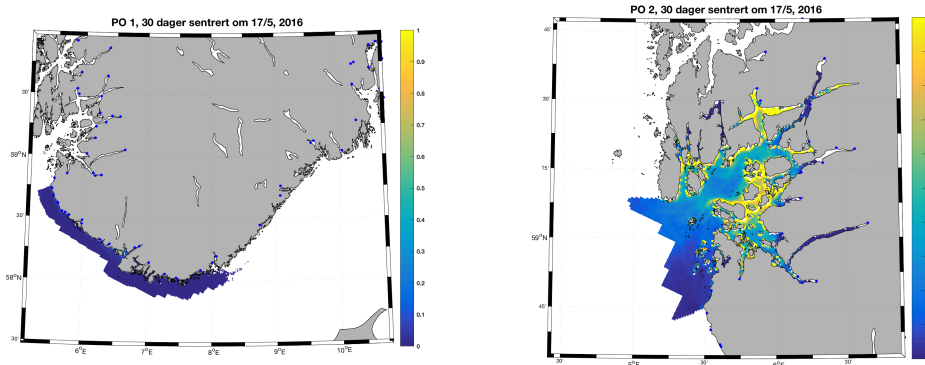


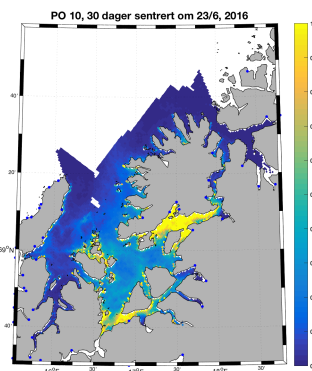
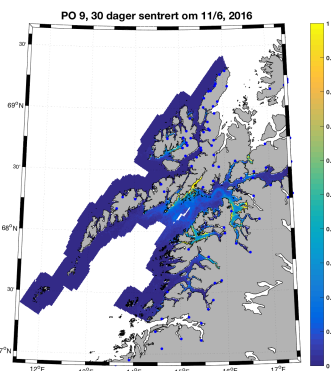
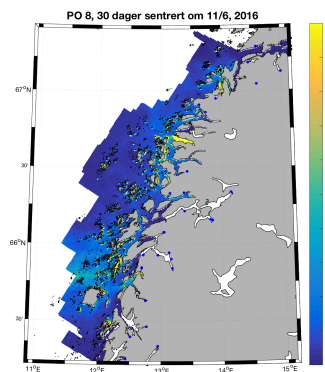
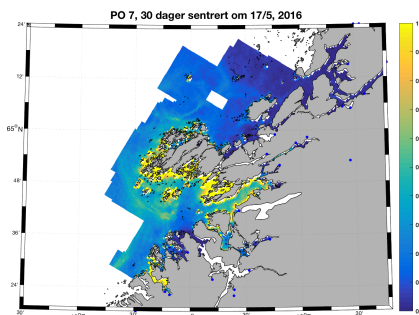
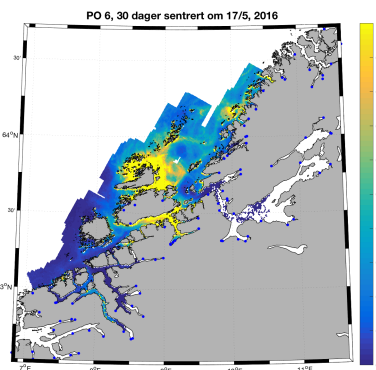
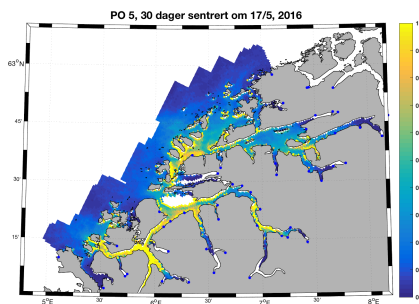
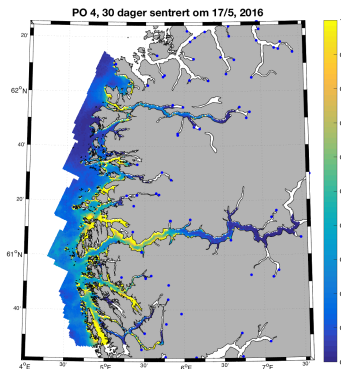
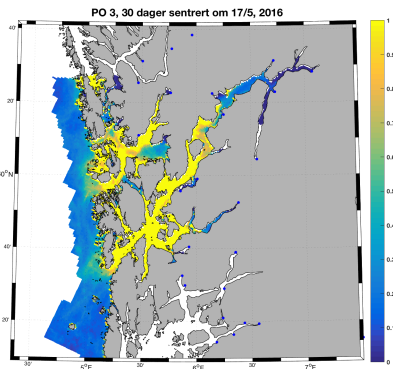


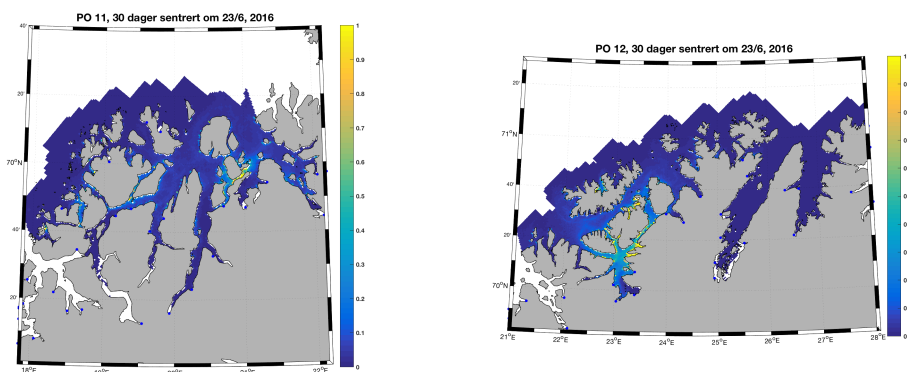
**Figure 6.** Tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter i hvert produksjonsområde for 2015 og 2016 som beregnet med den hydrodynamiske spredningsmodellen for lakselus. Siden den tillatte biomassen, og dermed mulig antall klekte nauplier, varierer mye mellom de ulike produksjonsområdene, har figurene ulik skala på y-aksen.

## 6.2 Geografisk fordeling av kopepoditter

Sluttproduktet fra lakselusmodellen er antallet smittsomme kopepoditter i produksjonsområdene til enhver tid. Summen over 30 dager omkring den datoen det er estimert at 50% av smolten vandrer fra elv til hav er vist som horisontale kart under, og viser relative forskjeller innen de ulike produksjonsområdene. Estimert for utvandring fra over 400 elever er summert i Appendix VI.







**Figure 7.** Tetthet av smittsomme kopepoditter (antall per kvadratmeter) beregnet med den hydrodynamiske spredningsmodellen for lakselus. Figurene viser antall per kvadratmeter, beregnet med den hydrodynamiske spredningsmodellen for lakselus.

## 7 Fakta om produksjonsområdene

Basert på konektivitet mellom anlegg (Ådlandsvik 2015), er det bestemt at kysten deles inn i 13 produksjonsområder, som vist i figur 1. Se også

<https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/forskrift-om-produksjonsomrader-for-akvakultur-av-matfisk-i-sjo-av-laks-orret-og-regnbueorret-produksjonsomradeforskriften/id2527418/>.

Når tilstanden i de ulike produksjonsområdene skal beskrives kan det være nyttig å sette opp noen faktiske tall for hvert område, f. eks i tabellen under

	Antall anlegg	MTB	Antall gridruter (800mx800m)
PO 1	10	29770	79562
PO 2	43	127670	27908
PO 3	130	346325	33618
PO 4	116	319685	64334
PO 5	35	115025	34209
PO 6	110	425917	59115
PO 7	41	170825	34177
PO 8	62	196610	50079
PO 9	65	200078	59589
PO 10	54	214615	23088
PO 11	31	128940	33152
PO 12	47	173078	55218
PO 12	4	14160	31370

**Tabell 2.** Liste over produksjonsområder med antall anlegg, maksimal tillatt biomasse og areal. PO 1: Svenskegrensen til Jæren, PO 2: Ryfylke, PO 3: Karmøy til Sotra, PO 4: Nordhordaland til Stadt, PO 5: Stadt til Hustadvika, PO 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag, PO 7: Nord-Trøndelag med Bindal, PO 8: Helgeland til Bodø, PO 9: Vestfjorden og Vesteålen, PO 10: Andøya til Senja, PO 11: Kvaløya til Loppa, PO 12: Vest-Finnmark, PO13: Øst-Finnmark. Antall anlegg i området vil variere noe fra år til år og gjennom året avhengig av slakt/brakklegging og utsett av ny fisk (tallene her er fra 2016). Maksimalt tillatt biomasse delt på vekt gir totalt antall fisk som er tillatt i produksjonsområdet.

## 8 Referanser

Albretsen, J., Sperrevik, A.K., Staalstrøm, A., Sandvik, A.D., Vikebø F. and Asplin, L., 2011. NorKyst-800 report no. 1: User manual and technical descriptions. Fiskeritilsynet nr. 2/2011, 51 pages.

Asplin, L., Boxaspen, K.K. & Sandvik, A.D. 2011. Modeling the distribution and abundance of planktonic larval stages of *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. In S.R.M. Jones and R.J. Beamish (eds.) *Salmon Lice: An integrated approach to understanding parasite abundance and distribution*. Wiley-Blackwell, Hoboken, New Jersey, pp. 31-50.

Asplin, L., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & K.K. Boxaspen. 2014. Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10:3, 216-225, DOI:10.1080/17451000.2013.810755.

Browman, H., Boxaspen, K.K., Kuhn, P., 2004. The effect of light on the settlement of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., *Journal of Fish Disease*, 27, 701-706.

Frenzl, B., 2014. Understanding key factors associated with the infection of farmed Atlantic salmon by the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis*. PhD avhandling ved Institute of Aquaculture, University of Sterling, Skottland. 165 sider.

Genna, R.L., Mordue, W., Pike, A.W., Mordue (Luntz), A.J., 2005. Light intensity, salinity, and host velocity influence presettlement intensity and distribution on hosts by copepodids of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis*, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62, 2675-2682.

Johnsen, I.A., Fiksen, Ø., Sandvik, A.D., Asplin, L., 2014. Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system, *Aquaculture Environment Interactions*, 5, 127-141. DOI: 10.3354/aei00098.

Johnsen, I.A., Asplin, L., Sandvik, A.D., Serra-Llinares, R.M., 2016. Salmon lice dispersion in a northern Norwegian fjord system and the impact of vertical movements. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 99-116, DOI: 10.3354/aei00162.

Nilsen, R. m.fl., 2017. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2016, Rapport fra Havforskningen, Nr1-2017, 56 sider.

Sandvik, A.D., Bjørn, P.A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarøhamar, Johnsen, I.A., Myksvoll, M., Skogen, M.D., 2016. Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 527-542, doi:10.3354/aei00193.

Sandvik, A.D., Skagseth, Ø., Skogen M.D., 2016. Model validation: Issues regarding comparisons of point measurements and high-resolution modeling results, *Ocean Modelling*, 106, 68-73.

# PROSJEKTRAPPORT



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN  
Tlf. 55 23 85 00, Faks 55 23 85 31, [www.imr.no](http://www.imr.no)

**Tromsø**      **Flødevigen**      **Austevoll**      **Matre**  
9294 TROMSØ    4817 HIS            5392 STOREBØ    5984 MATREDAL

**Distribusjon:**  
UO § 15.3 (utsatt offentlighet)  
**Havforskningsprosjektnr.:**  
14272-02

**Oppdragsgiver(e):**  
Nærings- og  
fiskeridepartementet

**Oppdragsgivers referanse:**

**Dato:**  
31.mars 2017

**Program:**  
Akvakultur

**Faggruppe:**  
Oseanografi og klima

**Antall sider totalt:**  
19

<b>Rapport:</b> Rapport fra Havforskningen	<b>Nr. - År</b>
<b>Tittel (norsk/engelsk):</b> Smittepress fra lakselus på vill laksefisk – estimert fra luselarvefelt med stor variabilitet	
<b>Forfatter(e):</b> Anne D. Sandvik, Lars Asplin, Pål Arne Bjørn, Ingrid A. Johnsen, Jofrid Skardhamar, Mari S. Myksvoll, Bjørn Ådlandsvik og Morten Skogen	

### Sammendrag (norsk):

Denne rapporten beskriver hvordan man har brukt modellert konsentrasjon av smittsomme lakseluskopepoditter sammen med observasjoner fra smoltbur til å beregne utbredelsen av forhøyet smittepress i produksjonsområdene.

Vedlegg V til rapport skrevet av ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

### Summary (English):

### Emneord (norsk):

1. Lakselusmodell
2. Smittepresskart
3. Lakselusindusert dødelighet

### Subject heading (English):

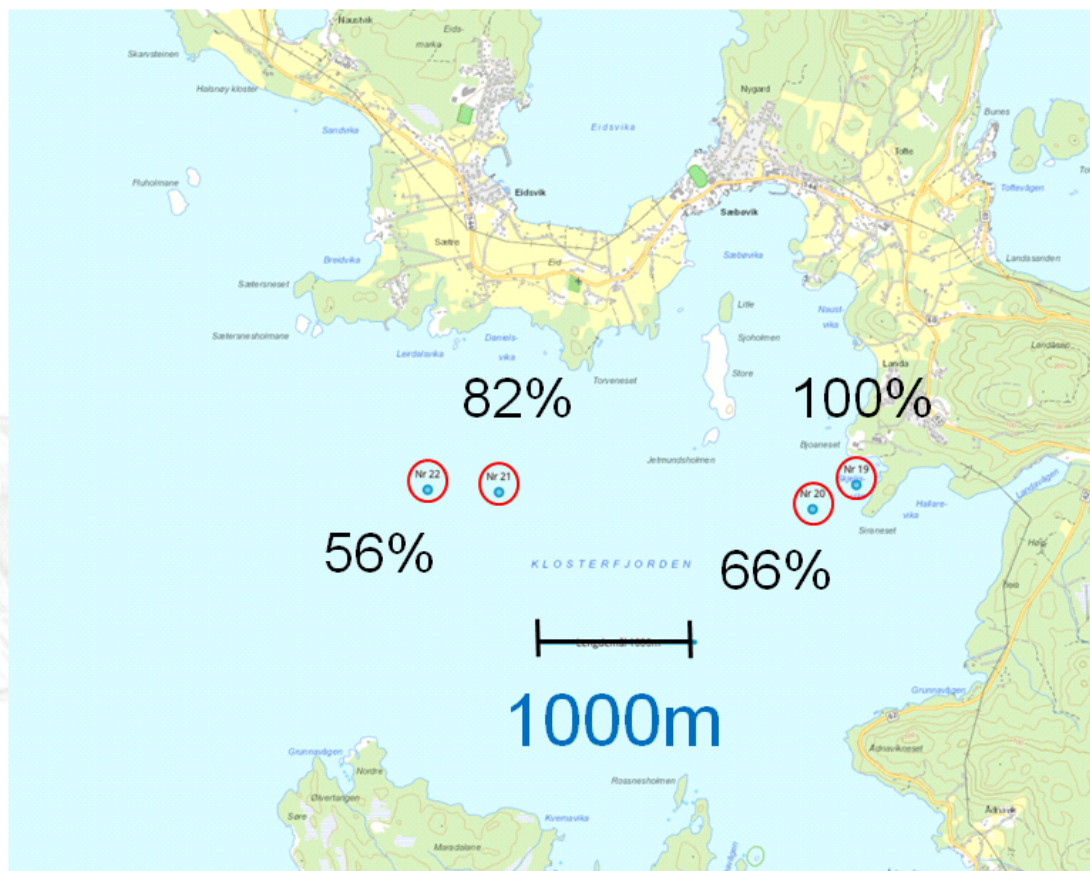
- 1.
- 2.
- 3.

  
.....  
prosjektleder

  
.....  
faggruppeleder

# Smittepress fra lakselus på vill laksefisk - estimert fra luselarvefelt med stor variabilitet

Anne D. Sandvik, Lars Asplin, Pål Arne Bjørn, Ingrid A. Johnsen, Jofrid Skarøhamar,  
Mari S. Myksvoll, Bjørn Ådlandsvik, Morten Skogen  
31.mars 2017



*Variasjon i middelvei av lus på smolt i bur som stod relativt tett i Hardangerfjorden  
23mai -8. juni 2016.*



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**



## Innhold

<b>1. BAKGRUNN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. METODE .....</b>	<b>3</b>
<b>3. RESULTAT .....</b>	<b>4</b>
3.1 PO 1: SVENSKEGRENSA TIL JÆREN .....	6
3.2 PO 2: RYFYLKE.....	7
3.3 PO 3: KARMØY TIL SOTRA .....	8
3.4 PO 4: NORDHORDLAND TIL STADT .....	9
3.5 PO 5: STADT TIL HUSTADVIKA.....	10
3.6 PO 6: NORDMØRE OG SØR-TRØNDELAG .....	11
3.7 PO 7: NORD-TRØNDELAG MED BINDAL .....	12
3.8 PO 8: HELGELAND TIL BODØ .....	13
3.9 PO 9: VESTFJORDEN OG VESTERÅLEN .....	14
3.10 PO 10: ANDØYA TIL SENJA.....	15
3.11 PO 11: KVALØYA TIL LOPPA .....	16
3.12 PO 12: VEST-FINNMARK .....	17
3.13 PO 13: ØST-FINNMARK .....	18
<b>4. REFERANSER.....</b>	<b>19</b>



## 1. Bakgrunn

Havforskningsinstituttet modellerer konsentrasjonen av smittsomme lakseluskoepoditter med høy oppløsning i tid og rom for hele landet basert på rapportert mengde lakselus i oppdrettsanlegg og de reelle strømforholdene. Denne informasjonen kan benyttes til å se på relative forskjeller mellom områder og år, men kan være vanskelig å tolke i forhold til hvor og når lusmengden er så stor at den vil gjøre skade på de ville laksefiskene. Vi har derfor utarbeidet **to** produkt som er en **tolkning** av koepodittkonsentrasjonen. Et vi kaller *virtuell smoltutvandring* som er beskrevet i et eget notat (Appendix VI), og et vi kaller *smittepresskart* som er beskrevet i dette notatet.

Smittepresskartet er en kalibrering av den modellerte koepodittkonsentrasjonen der vi bruker informasjon fra observert lakselupåslag på fisk i smoltbur. Metoden er beskrevet under og i Sandvik m.fl. (2016).

Smittepresskartene kan tolkes som at villfisken som oppholder seg i områder med høy klasse i løpet av den perioden smittepresskartet gjelder for, trolig vil få på seg mer enn 10 lus, mens fisk som oppholder seg i områder med lav smitteklasse vil få på seg mindre enn 1 lus. I områder med middels smittepress vil den ville laksefisk få på seg mellom 1 og 10 lus og være noe påvirket av lakselus uten at det fører til direkte død. Indirekte død på grunn av økt risiko for andre sykdommer, samt redusert vekst og kondisjon vil ikke være usannsynlig. Grenseverdiene (1 og 10 lus) er satt slik at vi skal være rimelig sikre på effektene over og under disse.

## 2. Metode

Som et ledd i overvåkingen har Havforskningsinstituttet hver vår siden 2004 benyttet blant annet smoltbur til å estimere hvor mye lakselus som finnes i Hardangerfjorden. Smoltburene, også kalt vaktbur, er små bur med ca 30 laksesmolt (oppdrettet) per bur som står ute på forskjellige steder i fjorden i en kortere periode (to - tre uker). I løpet av denne perioden vil det kunne feste seg lakselus på denne smolten, og i skrivende stund tror vi dette er det beste estimatet vi kan oppnå av lusepresset for vill fisk ved hjelp av observasjoner. Fra 2012 – 2015 utgjorde alle smoltburdata fra Hardangerfjorden en serie med 122 observasjoner. Les mer om overvåking av lakselus i felt på

[http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/overvaking\\_av\\_lakselus\\_1/nb-no](http://www.imr.no/temasider/parasitter/lus/lakselus/overvaking_av_lakselus_1/nb-no)

Antall lus som blir observert per fisk kan av flere årsaker variere til dels mye innen et bur. Vi har derfor valgt å benytte oss av middelverdien for hvert bur når vi skal sammenligne med tilsvarende data fra modellen. Basert på erfaring og publiserte tall (Holst m. fl., 2003 og Finstad & Bjørn, 2011) er det rimelig å anta at dersom middelverdien i buret er over 10 lus per fisk er smittepresset så høyt at vill laksefisk som befinner seg i området vil bli påført stor skade (omfang avhengig av størrelsen på fisken), og for en liten laksesmolt vil denne dosen trolig være dødelig. Videre antar vi at dersom middelverdien er mindre enn 1 lus per fisk vil lusepresset i fjorden være så lavt at det blir ingen eller liten skade på fisken.

For et forvaltningssystem vil det viktigste være å kartlegge de områdene langs kysten som har et forhøyet smittepress. Smoltburdataene fra 2012-2015 ble derfor delt i 2 kategorier (over og under 10 lus per fisk) og ble videre benyttet til kalibrering av den modellerte koepodittkonsentrasjonen til to smittepressklasser. Metoden er beskrevet i Sandvik m.fl. (2016) og benytter seg av et areal (3x3 gridceller) rundt smoltburposisjonen når smittepresset skal beregnes. Denne metoden kunne i prinsippet ha blitt utvidet til å inkludere flere

luseklasser. Vi har imidlertid foreløpig valgt å gjenta prosedyren for å bestemme hvilke områder som var uten påvirkning fra oppdrett, nå ved å dele datasettet inn i bur med over og under 1 lus per fisk. Områdene som ligger mellom kan da klassifiseres til å ha middels høyt smittepress.

Definisjonen på om en posisjon har høyt smittepress eller ikke er om mer enn 80% av arealet i nærområdet til smoltburet (3x3 gridceller) har mer enn 1.5 lus per kvadratmeter. Middels smittepress er definert som at mer enn 40% av arealet i nærområdet har mer enn 0.3 lus per kvadratmeter. Resten av områdene har lavt smittepress.

Vi har valgt å kalle det nye produktet smittepresskart, som altså er en kalibrering av kopepodittettheten, der høyt smittepress tilsvarer mer enn 10 lus i gjennomsnitt på smoltburfisk, lavt smittepress tilsvarer mindre enn 1 lus i gjennomsnitt på smoltburfisk og midlere smittepress tilsvarer mellom 1 og 10 lus i gjennomsnitt per fisk. Dette kan tolkes som at villfisken som oppholder seg i områder med høyt smittepress i løpet av den angitte perioden smittepresskartet gjelder for vil få på seg mer enn 10 lus, mens fisk som oppholder seg i områder med lavt smittepress vil få på seg mindre enn 1 lus.

En måtte gjøre en subjektiv vurdering av det opplevde smittepresset for fisk som svømmer gjennom områder med ulikt smittepress for den gjeldende tidsperioden.

For de fleste problemstillinger vil slike kart være et nyttig verktøy for den som skal si noe om lakselusen sin påvirkning på vill laksefisk i et gitt område. Når problemstillingen blir at man skal gi ett enkelt svar som skal gjelde for hele produksjonsområdet må vi se på mer integrerte verdier (tid og rom).

Hvordan kommer vi oss fra smittepresskart til estimert dødelighet innen hvert enkelt produksjonsområde? Horisontale kart viser den geografiske utbredelsen av lavt, middels og høyt smittepress. For å kunne si noe om tidsutvikling og i hvor stor del av produksjonsområdet det vil være forhøyet (dødelig), moderat og lavt smittepress har vi beregnet en glidende 30 dagers sum, vektet mot størrelsen på arealet som er avgrenset av en linje som ligger 9,6 km fra land. Videre har vi antatt at dødeligheten innen området med middels smittepress er 50%. Et samlet dødelighetsestimat for hele området kan da grovt beregnes som: sum areal med høyt smittepress + 50% multiplisert med areal med middels smittepress. Verdien i kolonnen "HI smittepress" er satt på bakgrunn av en samlet vurdering: horisontalt smittepresskart, tidsutvikling og estimert dødelighet for hele området rundt datoen som er satt som den mest sannsynlige for smoltutvandringen.

### **3. Resultat**

Størrelsen på arealet med høyt, middels og lavt smittepress vil avhenge av den tiden vi integrer over. For å få en best mulig oversikt over smittepresset i den perioden smolten vandrer ut har vi i figurene under summert over 30 dager rundt datoen for 50% utvandring (se Appendix VI for detaljer om utvandring) og plottet det som horisontale kart med smittepress i 3 kategorier.

Videre har vi beregnet størrelsen på arealet med høyt og middels smittepress som en glidende 30 dagers sum fra 1. mai. Dette arealet er plottet som fraksjon av arealet i forhold til totalarealet i produksjonsområdet innenfor en egendefinert kystlinje (definert siden

produksjonsområdene strekker seg forholdsvis langt til havs). Kystlinjen er definert som alle sjøpunkt som ikke ligger mer enn 9,6 km fra land. I tillegg er det plottet to tynne linjer som viser det relative arealet med høyt smittepress i en tenkt situasjon der grenseverdien mellom høy og middels henholdsvis økte og avtok med 25%.

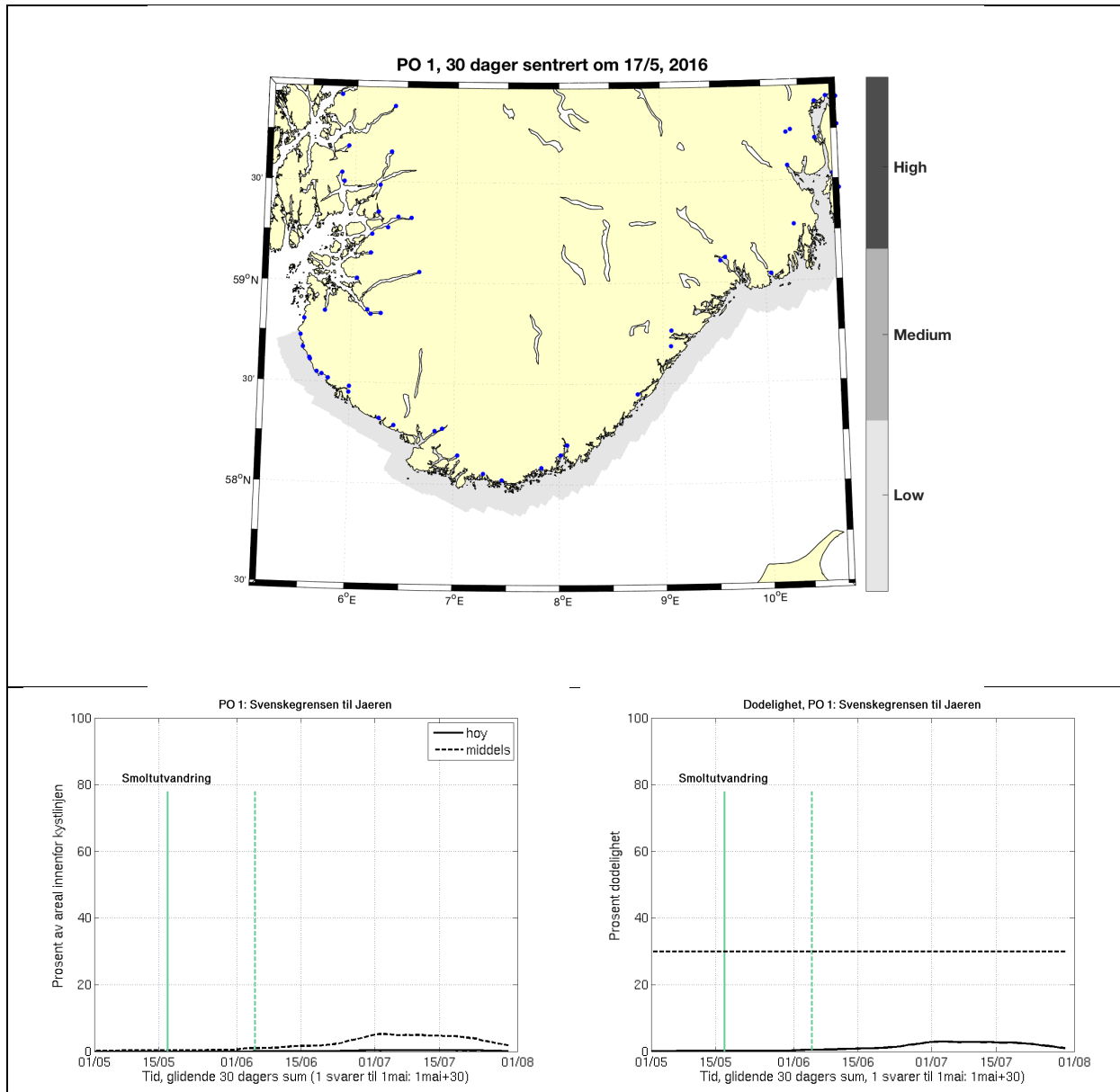
Et estimat av smoltutvandringsperioden for de ulike produksjonsområdene er indikert som vertikale linjer på disse plottene. De stiplede linjene viser tidspunkt for første og siste utvandringsdato, mens den heltrukne indikerer tidspunktet for når halvparten av smolten har vandret ut. Nøyaktige tidspunkt for hver elv kan finnes i Appendix VI.

Til sist er estimert prosent dødelighet i hele området plottet.

For alle områdene gjelder det at smittepresset øker utover sommeren. Villfisk som står senere på året i fjorden (sjørret og sjørøye) vil derfor være mye mer utsatt for skade pga av lakselus enn smolten som vandrer ut i havet tidligere.

### 3.1 PO 1: Svenskegrensa til Jæren

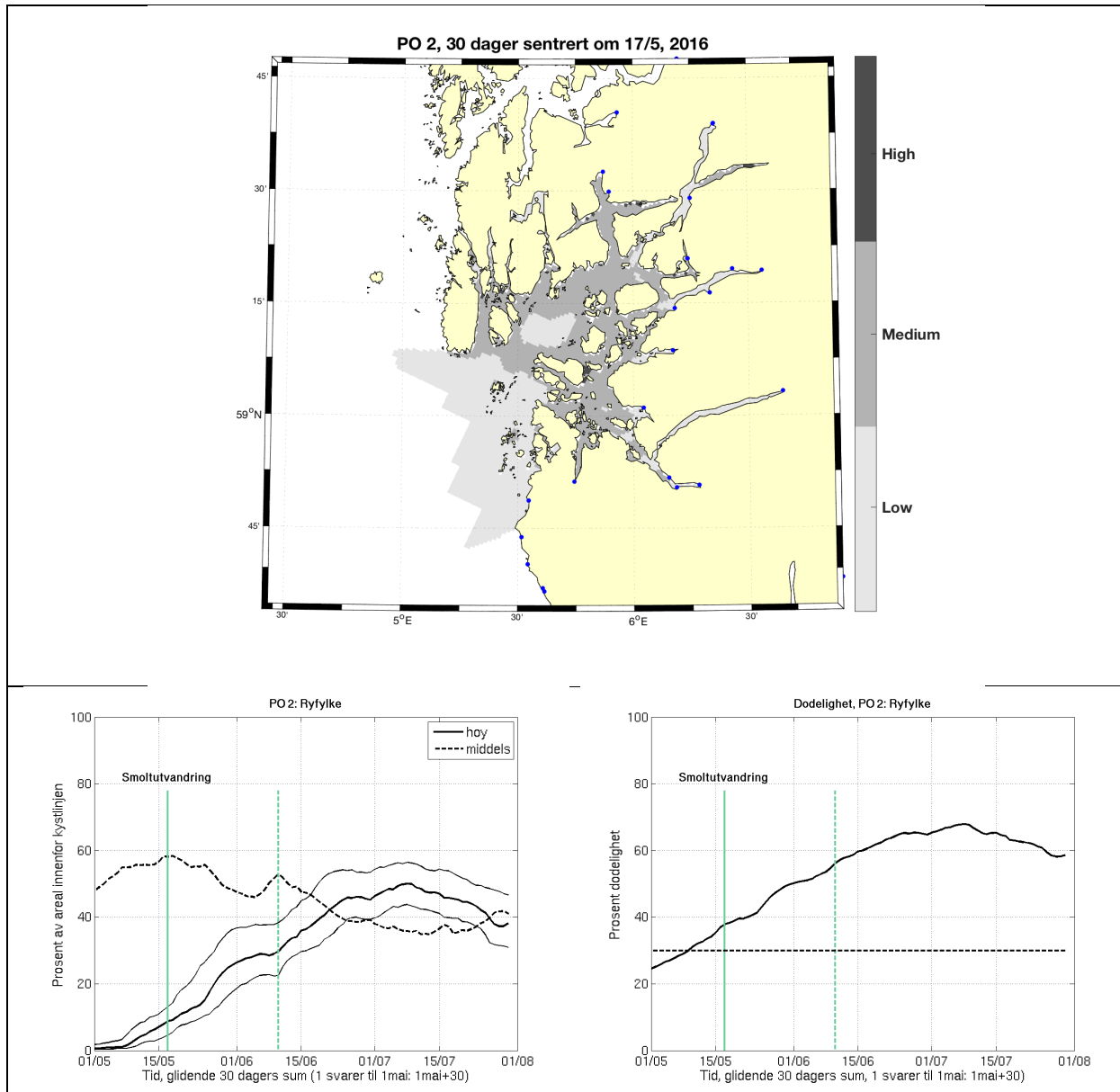
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er lavt i hele området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig ikke bli påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene.



Figur 1. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.2 PO 2: Ryfylke

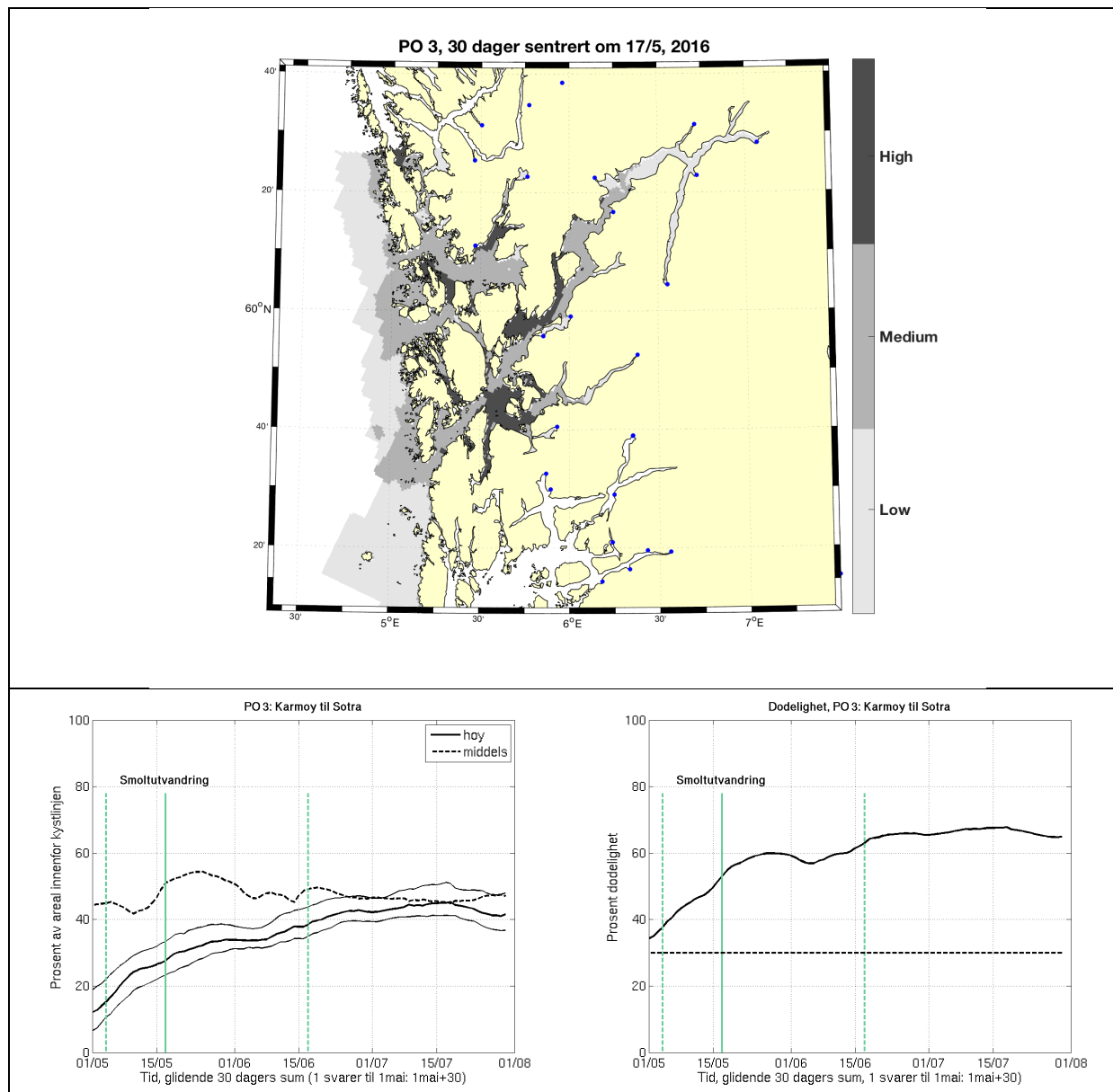
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er moderat til høyt i store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut vil bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimatet ved 50 % utvandring er 35-40% (dvs. at i 35-40% av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 2. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.3 PO 3: Karmøy til Sotra

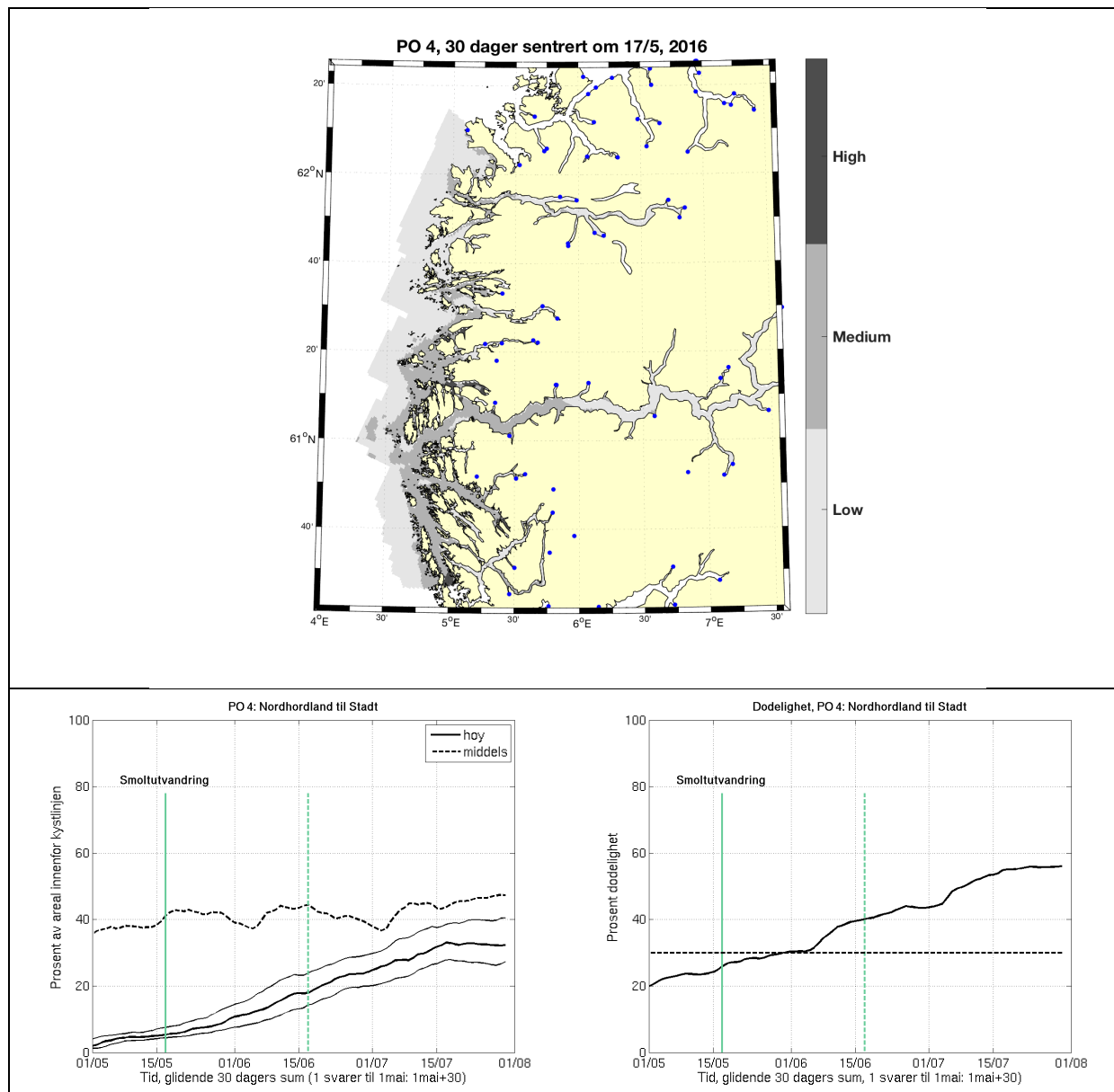
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er moderat til høyt i store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut vil bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimatet ved 50 % utvandring er ca 50 % (dvs. at i 50 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 3. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.4 PO 4: Nordhordland til Stadt

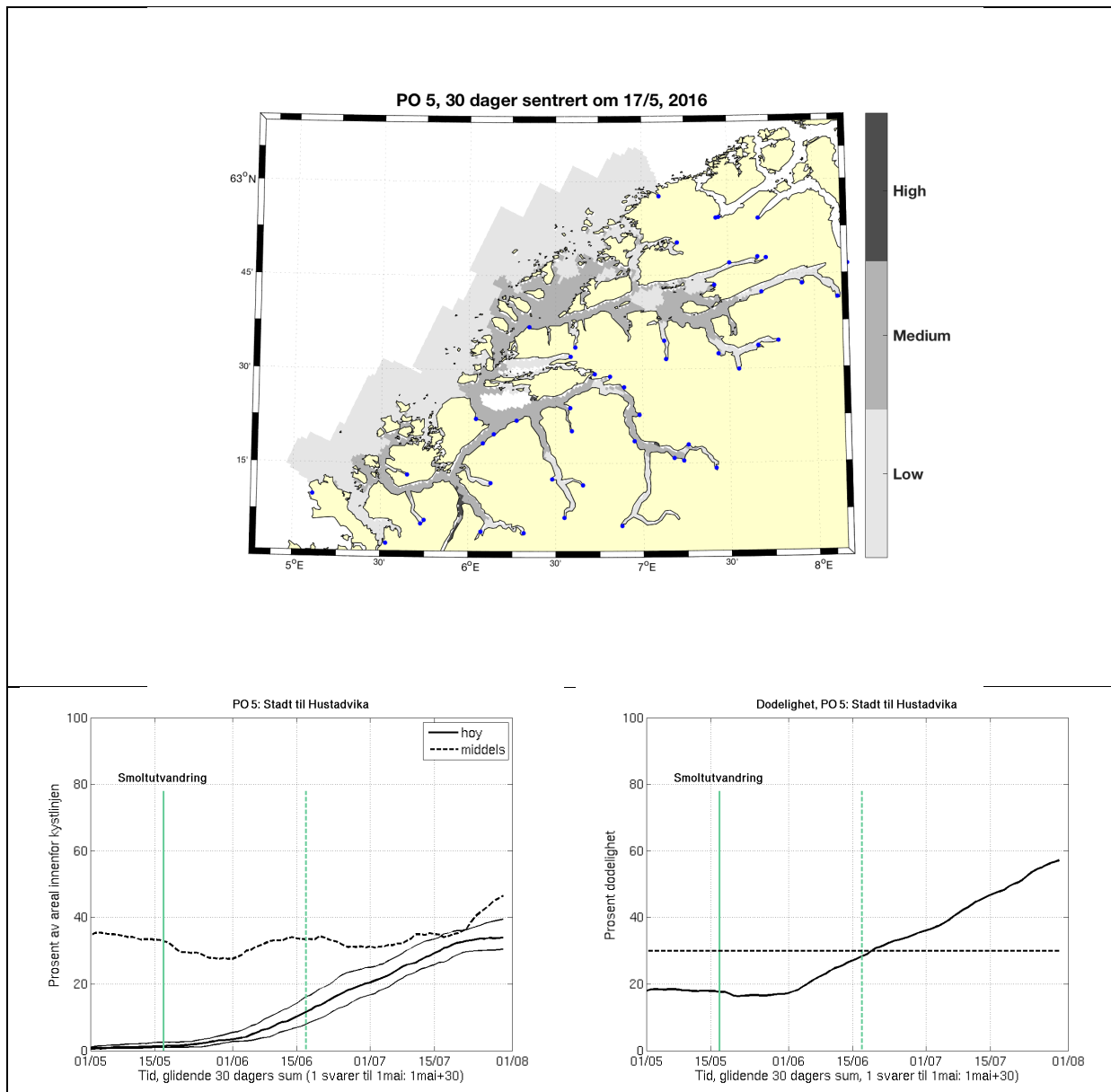
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er moderat til høyt i store deler av området (høyest i sør), og laksesmolten som vandrer ut vil bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimatet ved 50 % utvandring er ca 25 % (dvs. at i 23 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 4. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.5 PO 5: Stadt til Hustadvika

I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er moderat i store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut vil bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimater ved 50 % utvandring er ca 18 % (dvs. at i 18 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).

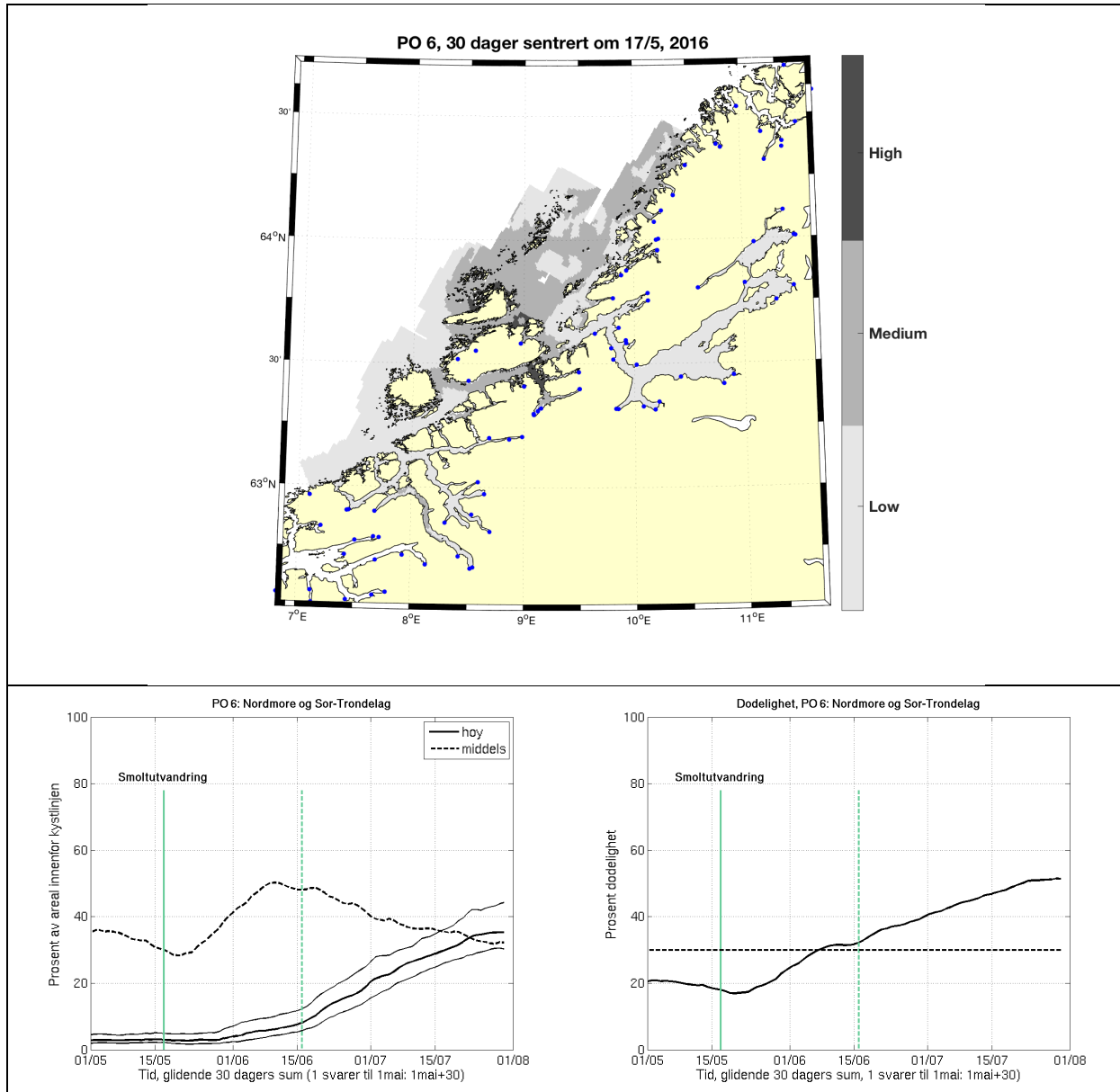


Figur 5. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.



### 3.6 PO 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

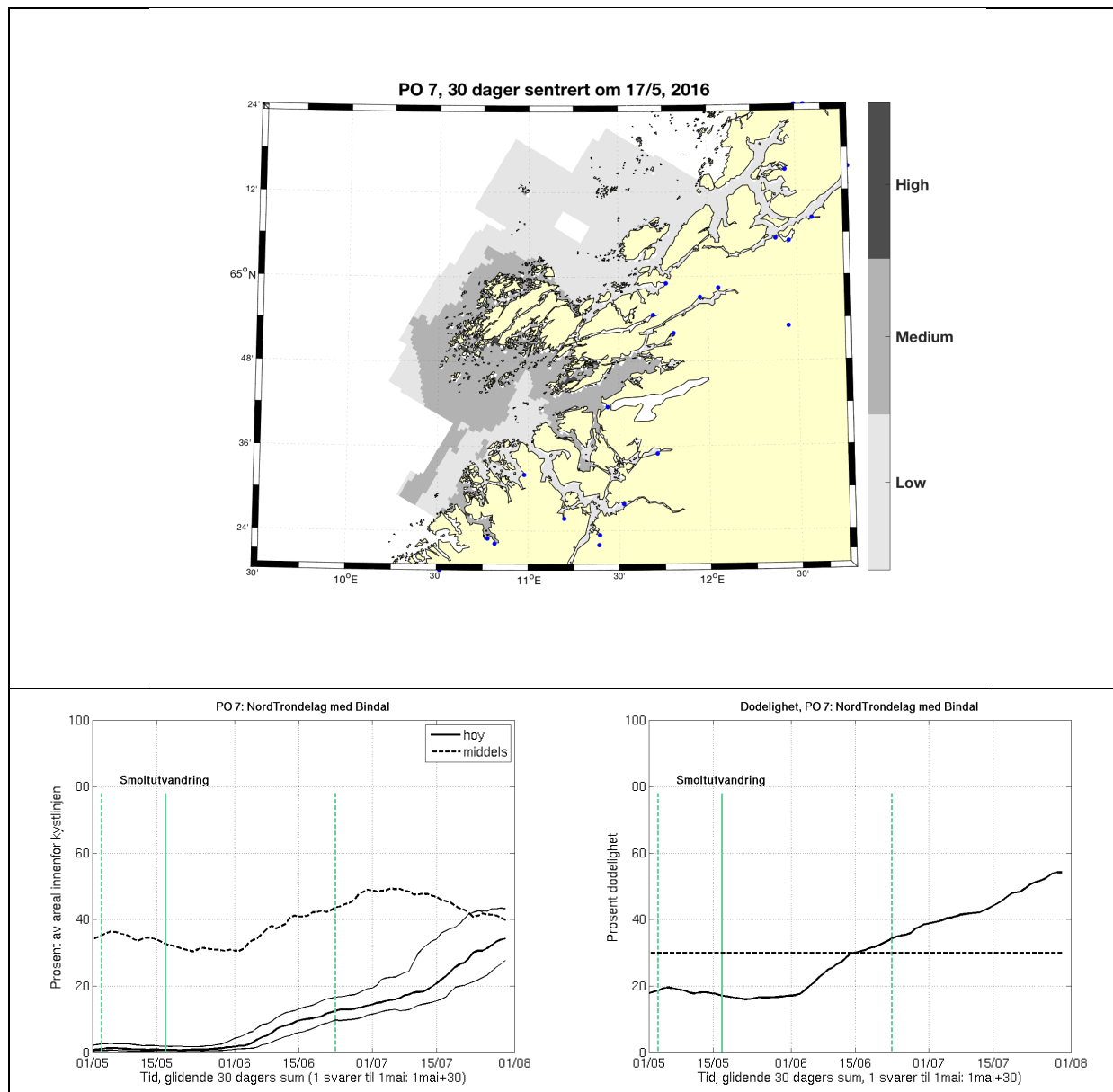
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er moderat i store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut vil bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimater ved 50 % utvandring er ca 18 % (dvs. at i 18 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 6. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.7 PO 7: Nord-Trøndelag med Bindal

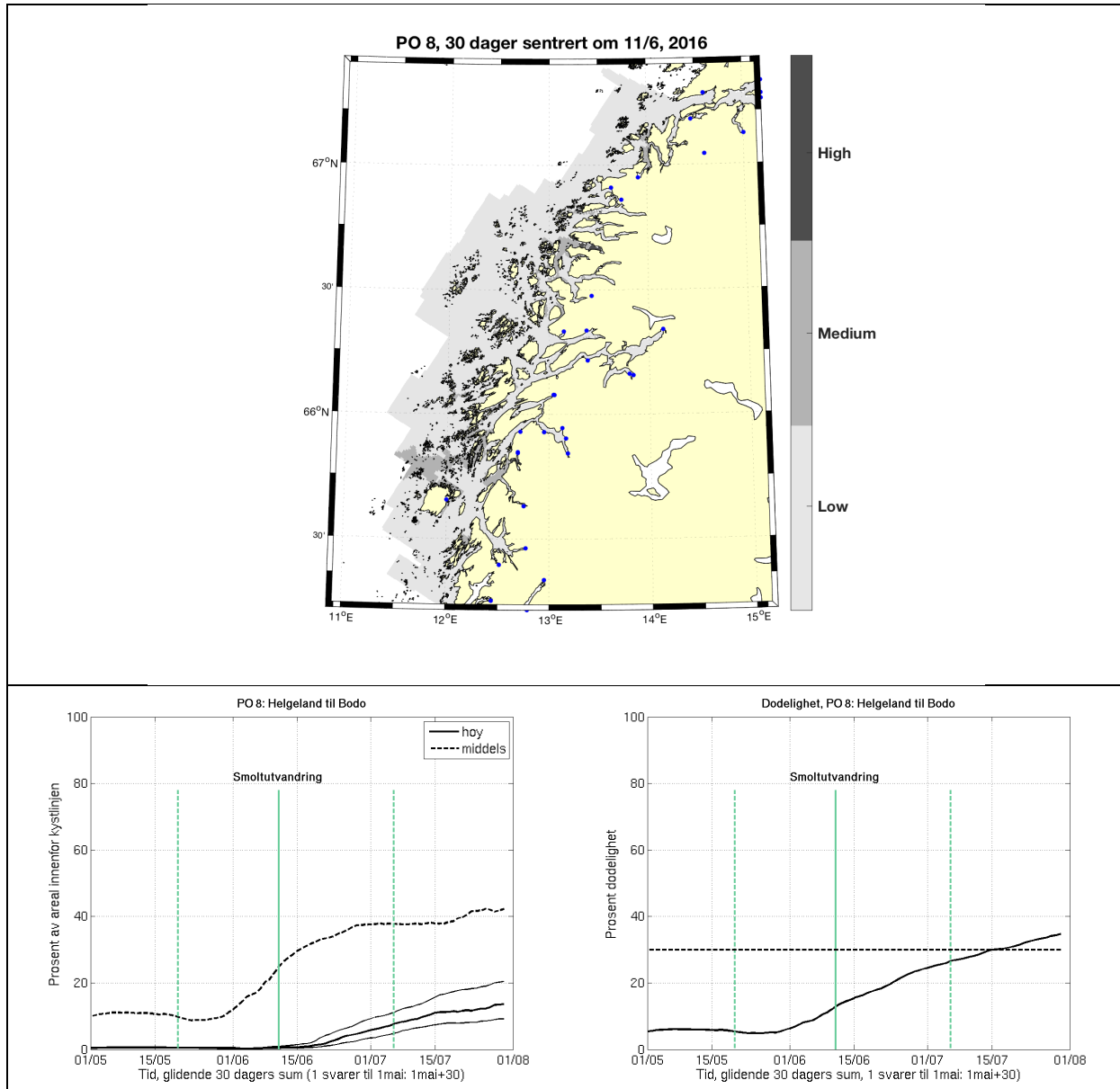
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av mai. Smittepresset er moderat i store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut vil bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimater ved 50 % utvandring er ca 18 % (dvs. at i 18 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 7. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.8 PO 8: Helgeland til Bodø

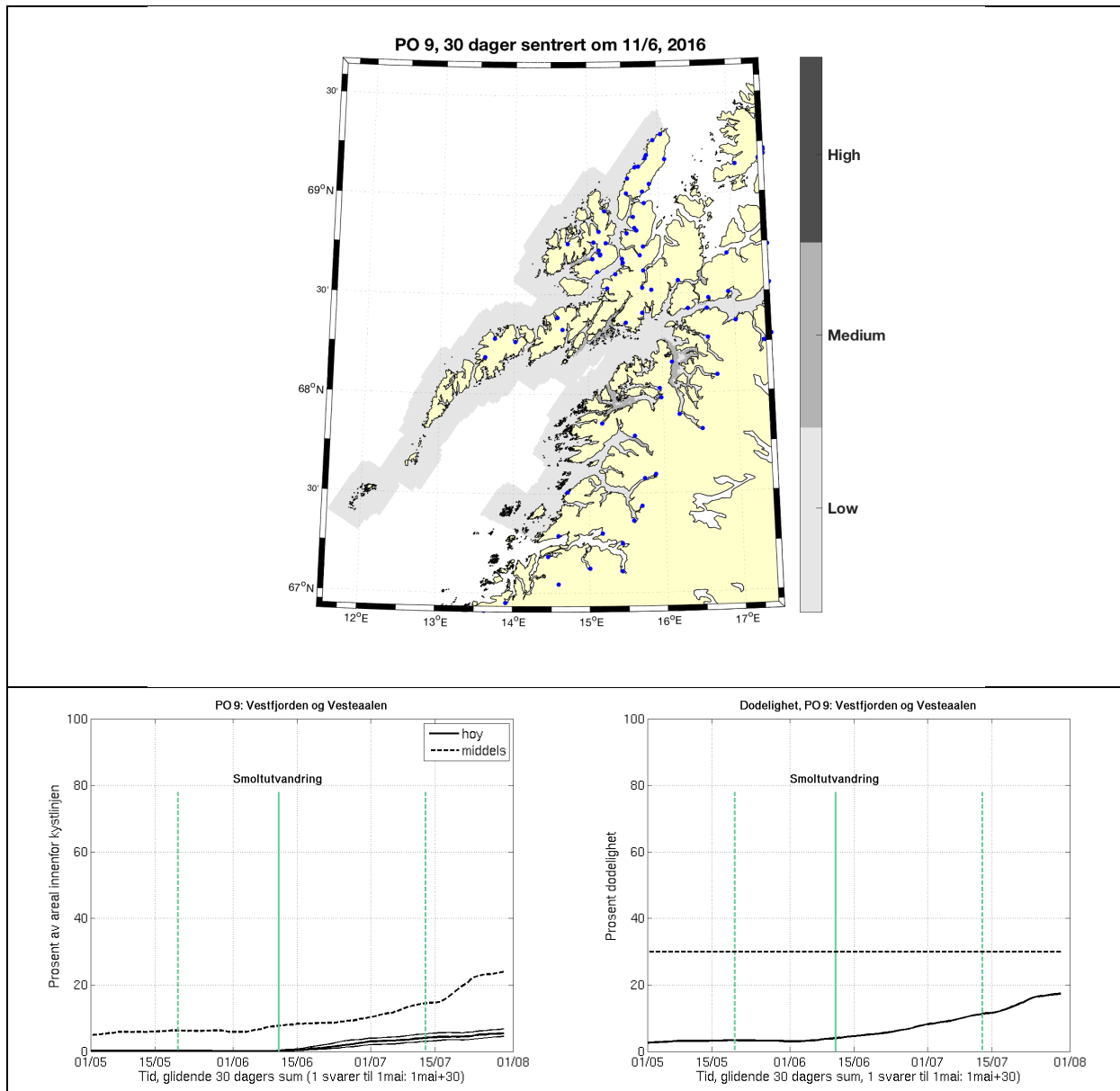
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av juni. Smittepresset er lavt til moderat i området, og laksesmolten som vandrer ut vil bli lite til moderat påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimater ved 50 % utvandring er ca 15 % (dvs. at i 15 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 8. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.9 PO 9: Vestfjorden og Vesterålen

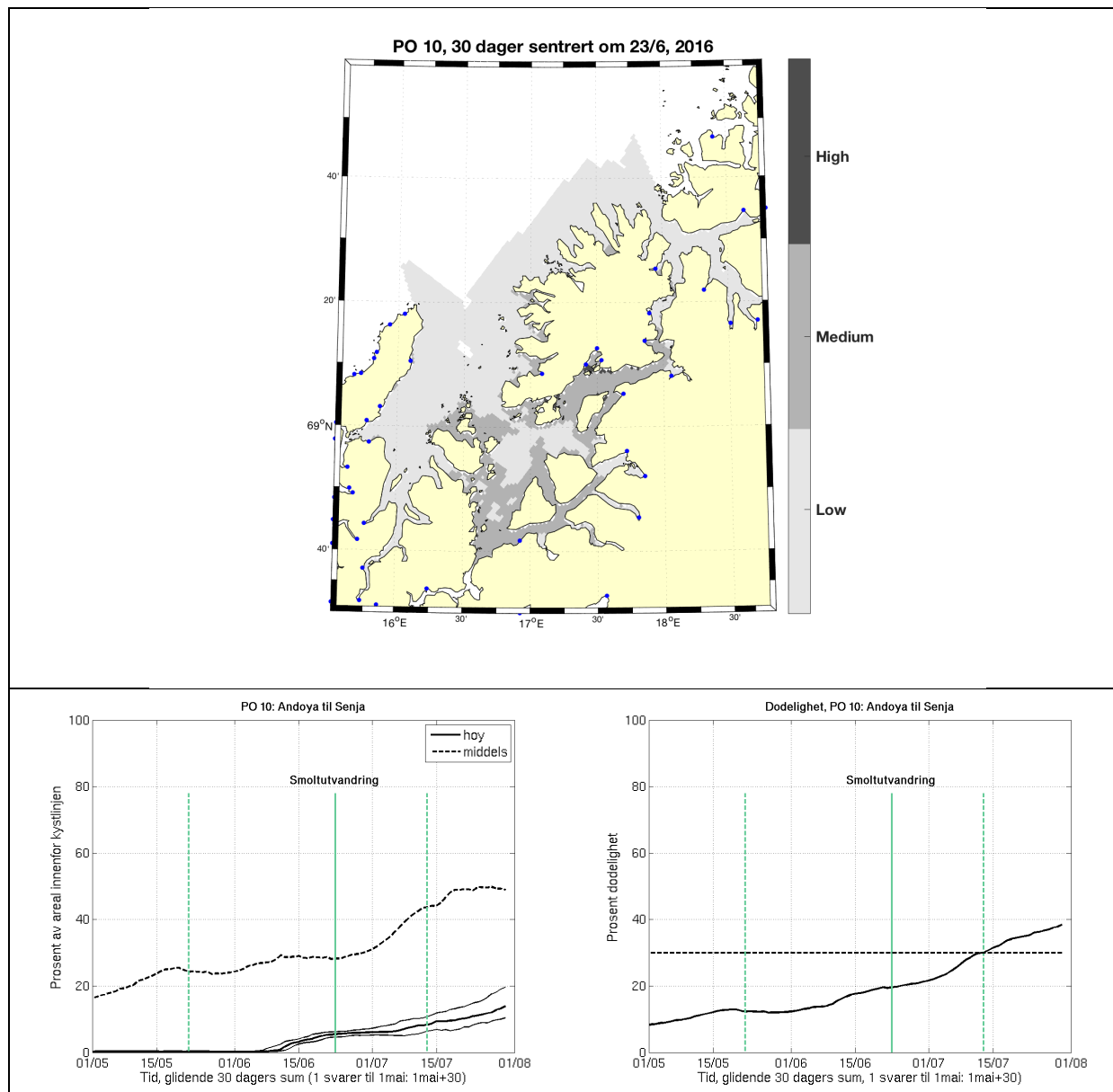
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt midten av juni. Smittepresset er lavt i det meste av området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimatet ved 50 % utvandring er under 10 % (dvs. at i ca 10 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 9. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.10 PO 10: Andøya til Senja

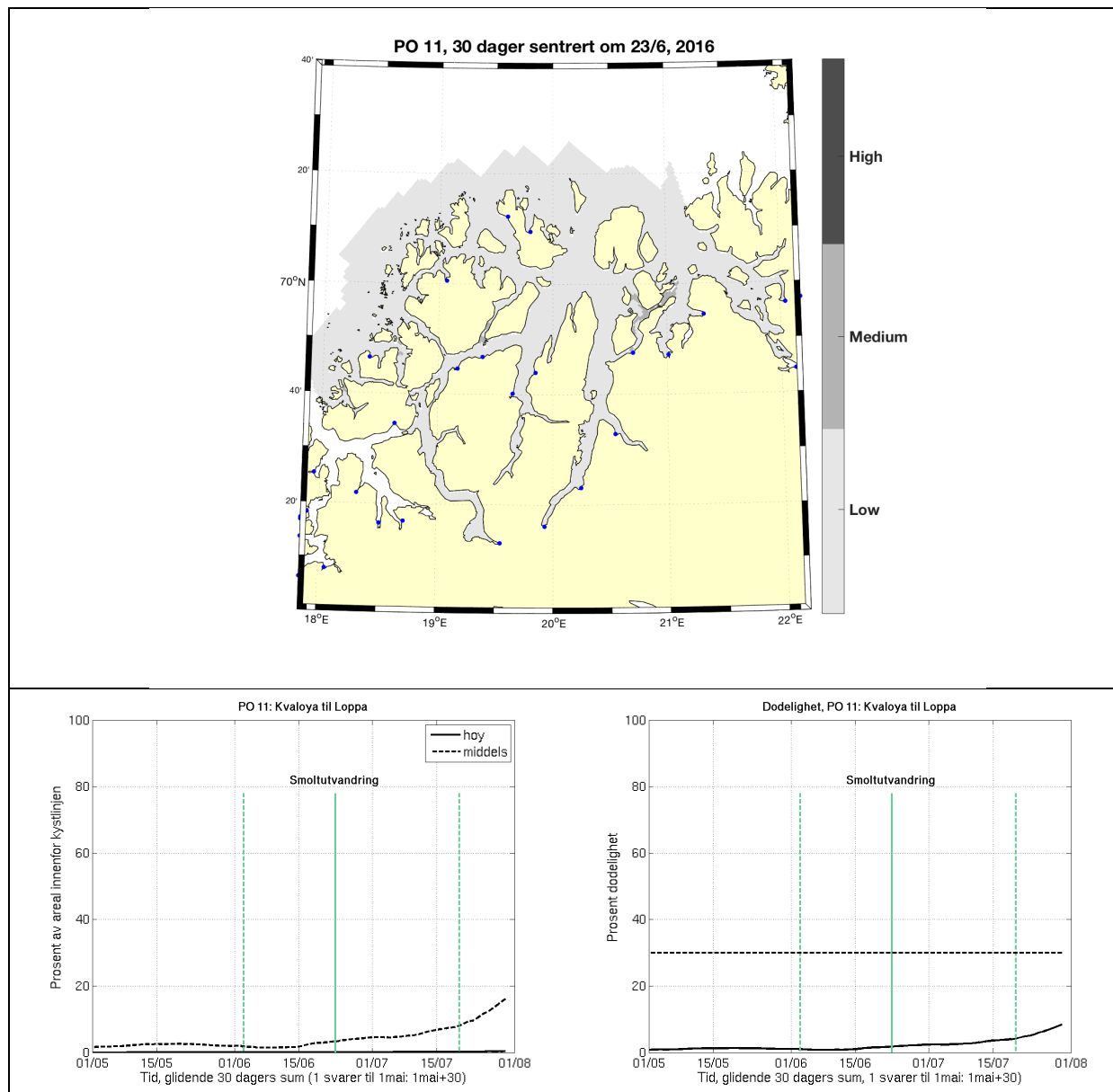
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt andre halvdel av juni. Smittepresset er lavt til moderat i området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli moderat påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimater ved 50 % utvandring er under 20 % (dvs. at i ca 20 % av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 10. Øverst: smittepressekart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepresse for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepresse. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepresse svarer til 50% dødelighet.

### 3.11 PO 11: Kvaløya til Loppa

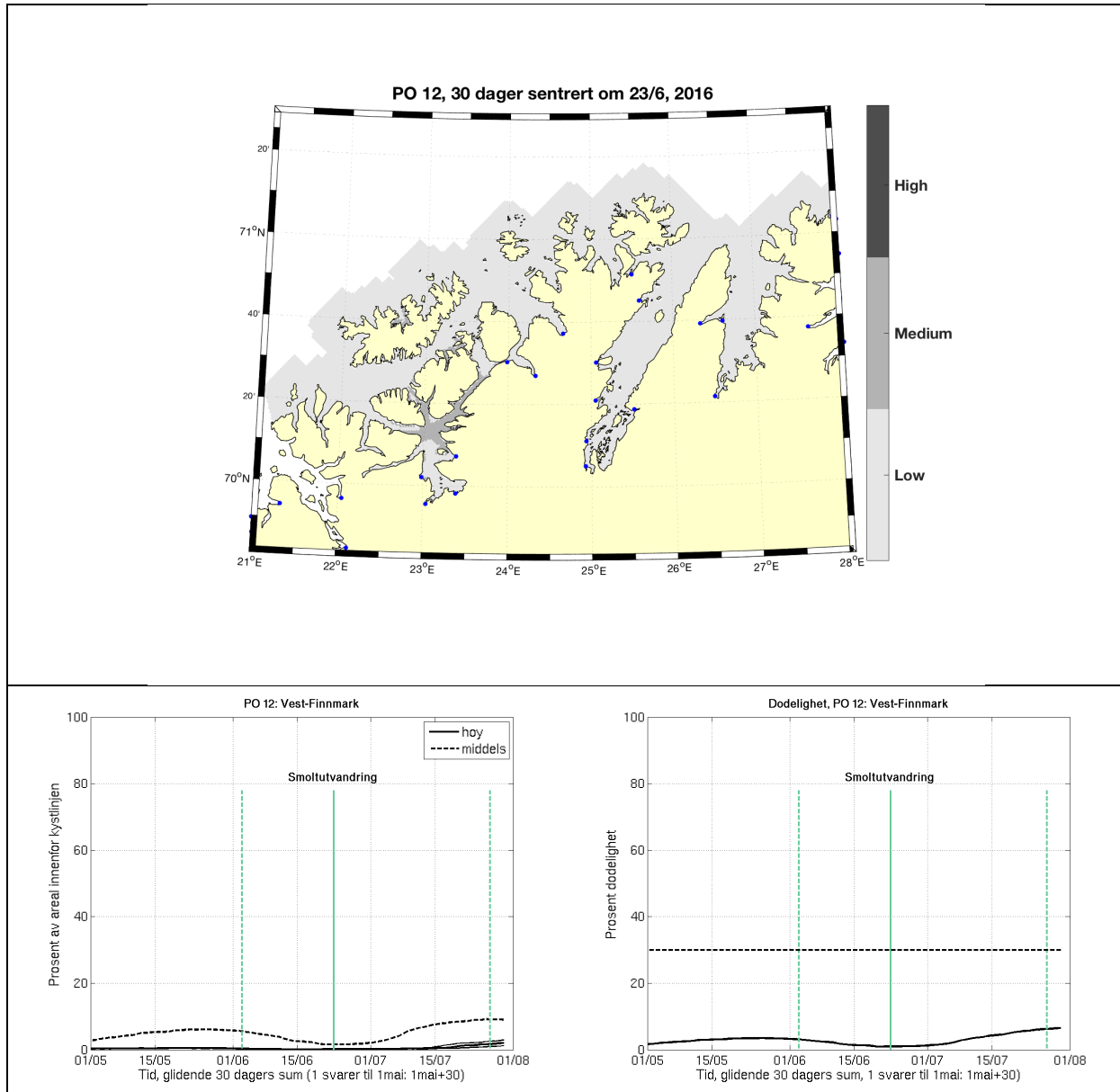
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt andre halvdel av juni. Smittepresset er lavt i det meste av området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimatet ved 50 % utvandring er godt under 10 % (dvs. at i en svært liten del av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 11. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.12 PO 12: Vest-Finnmark

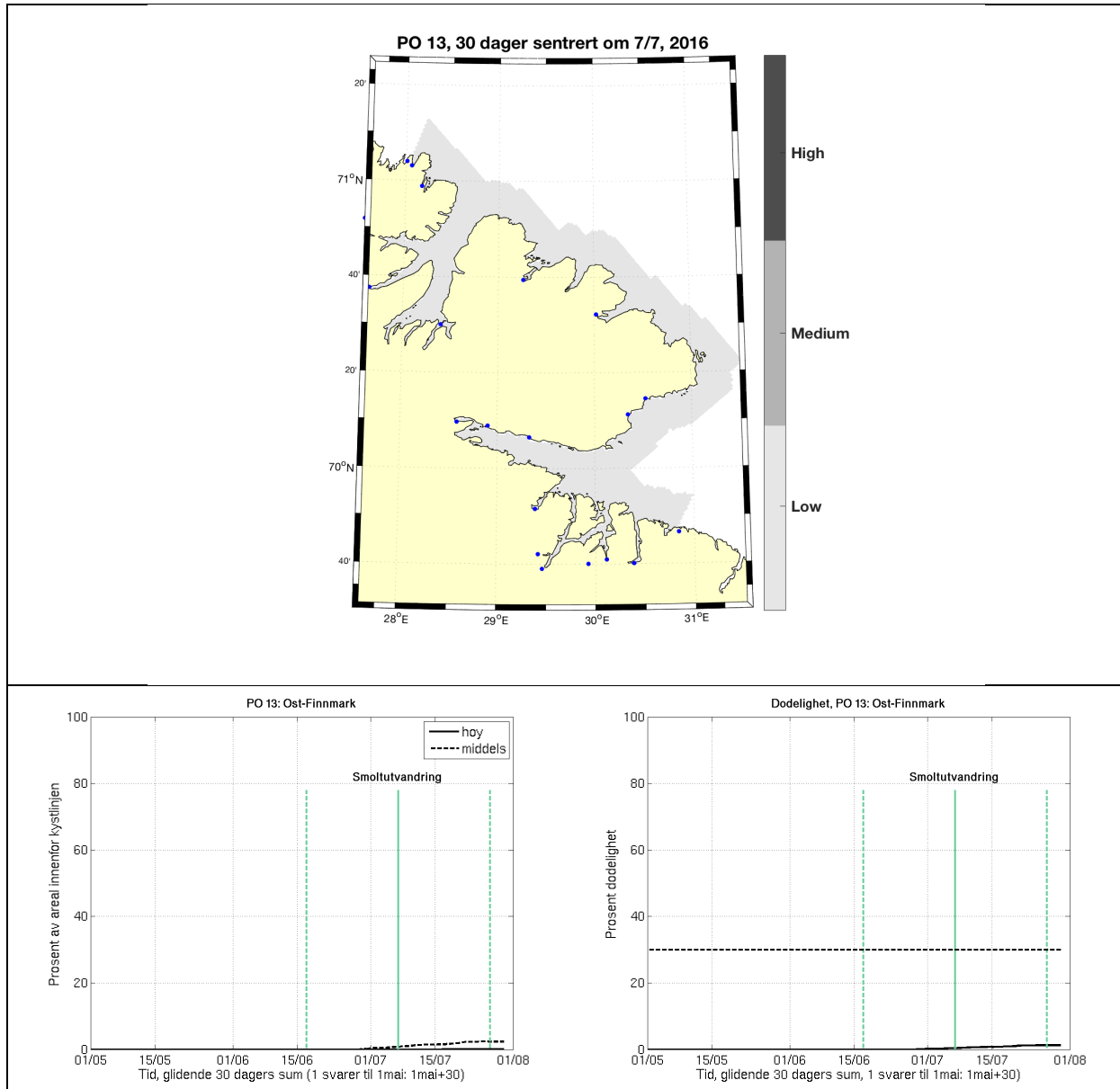
I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt andre halvdel av juni. Smittepresset er lavt i det meste av området (moderat i Alta området), og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimatet ved 50 % utvandring er godt under 10 % (dvs. at i en svært liten del av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 12. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.

### 3.13 PO 13: Øst-Finnmark

I dette produksjonsområdet vandrer hovedvekten av smolten ut rundt første halvdel av juli. Smittepresset er lavt i det meste av området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Dødelighetsestimater ved 50 % utvandring er godt under 10 % (dvs. at i en svært liten del av produksjonsområdet er smittepresset så høyt at fisk som befinner seg der i 30 dager vil få på seg en dødelig dose).



Figur 13. Øverst: smittepresskart som viser områder med lavt, middels og høyt smittepress for fisk som står i området i 30 dager sentrert rundt tidspunktet for 50% smoltutvandring. Blå stjerner viser posisjon til lakseelver. Nede til venstre: Hel og stiplede linje viser andel av arealet som har henholdsvis høy og middels smittepress. Nede til høyre: Estimert dødelighet, basert på figuren til venstre og antagelsen om at midlere smittepress svarer til 50% dødelighet.



#### 4. Referanser

Finstad B, Bjørn PA (2011) Present status and implications of salmon lice on wild salmonids in Norwegian coastal zones. In: Jones S, Barnes R (eds) *Salmon lice: an integrated approach to understanding parasite abundance and distribution*. Wiley-Blackwell, Oxford, 281–305

Holst JC, Jakobsen P, Nilsen F, Holm M, Asplin L and Aure J (2003) Mortality of Seaward-Migrating Post-Smolts of Atlantic Salmon Due to Salmon Lice Infection in Norwegian Salmon Stocks. In: Mills (ed) *Salmon at the Edge*, Blackwell Science Ltd., Oxford, UK. doi: 10.1002/9780470995495.ch11

Sandvik, A.D., Bjørn, P.A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skarðhamar, Johnsen, I.A., Myksvoll, M., Skogen, M.D., 2016. Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions*, 8: 527-542, doi:10.3354/aei00193.

# PROSJEKTRAPPORT



## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nordnesgaten 50, Postboks 1870 Nordnes, 5817 BERGEN  
Tlf. 55 23 85 00, Faks 55 23 85 31, [www.imr.no](http://www.imr.no)

Tromsø      Flødevigen      Austevoll      Matre  
9294 TROMSØ    4817 HIS      5392 STOREBØ    5984 MATREDAL

**Distribusjon:**

UO § 15.3 (utsatt offentlighet)

**Havforskningsprosjektnr.:**

14272-02

**Oppdragsgiver(e):**

 Nærings- og  
fiskeridepartementet

**Oppdragsgivers referanse:**
**Dato:**

31.mars 2017

**Program:**

Akvakultur

**Faggruppe:**

Oseanografi og klima

**Antall sider totalt:**

59

**Rapport:**

Rapport fra Havforskningen

**Nr. - År**
**Tittel (norsk/engelsk):**

Virtuell utvandring av postsmolt

**Forfatter(e):**

Ingrid A. Johnsen og Bjørn Ådlandsvik

**Sammendrag (norsk):**

Denne rapporten beskriver en vandringsmodell som følger postsmolten fra elv til hav og beregner påslag av lakselus fra modellert konsentrasjon av smittsomme kopepoditter. Estimert dødelighet på smolt fra 401 elver er kalibrert basert på trålfanget smolt.

Vedlegg VI til rapport skrevet av ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

**Summary (English):**
**Emneord (norsk):**

1. Lakselusmodell
2. Virtuell smolt
3. Lakselusindusert dødelighet

**Subject heading (English):**

- 1.
- 2.
- 3.

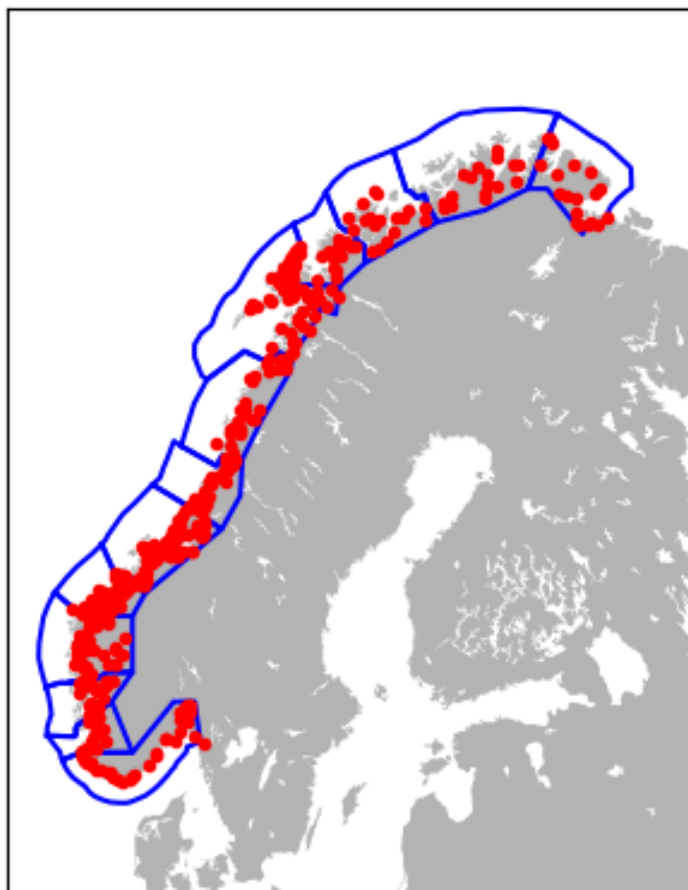
  
.....  
prosjektleder

  
.....  
faggruppeleder

# Virtuell utvandring av postsmolt

Ingrid A. Johnsen og Bjørn Ådlandsvik

31.mars 2017



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**



## **Innhold:**

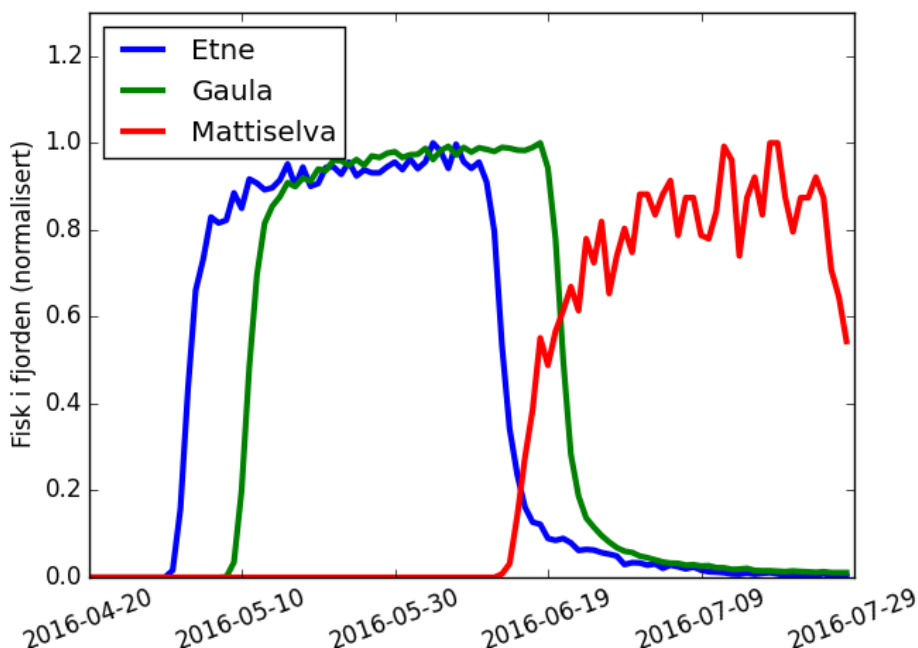
Innhold:	3
Metodebeskrivelse	5
Estimert lusepåslag	9
Resultat	10
<b>Estimert dødelighet</b>	12
Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren	12
Produksjonsområde 2: Ryfylke	16
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	18
Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt	20
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	23
Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag	26
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	30
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø	32
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	35
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	39
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	41
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	43
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	45
Vedlegg I: Elveposisjoner og utvandringstider	47
Vedlegg II: Beta-fordeling	58



## Metodebeskrivelse

For å tallfeste hva det simulerte infeksjonspresset vil si for postsmolt fra laks som svømmer gjennom den variable lusekonsentrasjonen, har vi laget en vandringsmodell som følger postsmolten fra elv til hav. Vandringsmodellen er kjørt på samme gitter som den landsdekkende lusemodellen med 800 m x 800 m horisontal oppløsning. Postsmolten er sluppet i elveposisjon hver time i et angitt tidsrom. Både antall postsmolt som vandrer fra elvene og tidsrom for utvandring er estimert av Norsk institutt for naturforskning (NINA). Utslippet er antatt å følge en beta-fordeling (se Vedlegg II) som er beregnet fra total mengde postsmolt i elven og dato for start, 25- og 50-prosentil utvandring og slutt. Utslippsposisjon og tidsrom for elvene er gitt i Vedlegg I. Der er en del usikkerhet knyttet til når postsmolten svømmer fra elv til havet. For å ta høyde for at utvandringen kan ha hatt en tidsforskyvning, er simuleringen kjørt om igjen der utvandringen er antatt å skje 10 dager tidligere og senere enn det estimerte tidsrommet gitt i Vedlegg I.

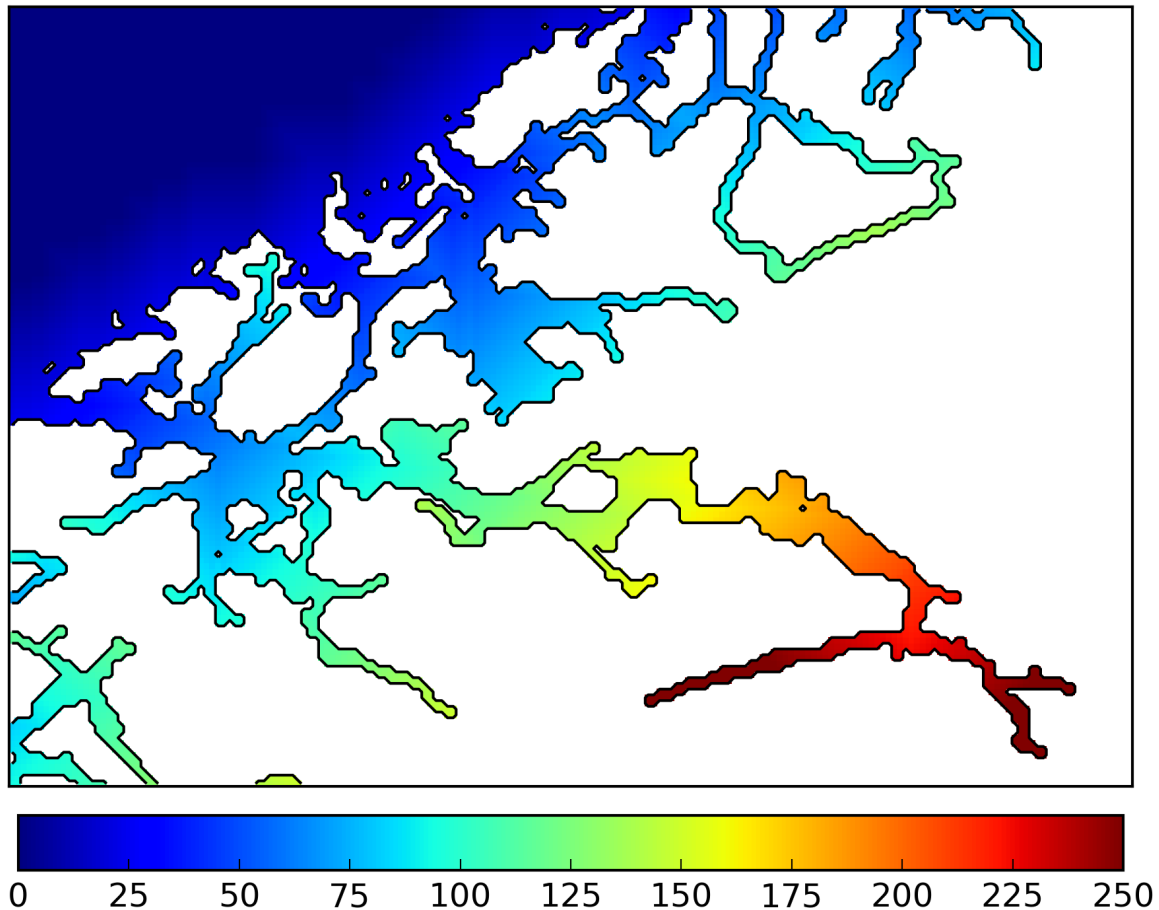
Fordelingen for utvandring er angitt med ulike intervall for de ulike elvene. Tidsfordelingen for når postsmolten er eksponert for lakselus varierer derfor noe mellom elvene (Figur 1). Dette, sammen med utvikling i kopepodittfeltet (fra lakselusmodellen) forklarer hvorfor den estimerte dødeligheten mellom de antatte utvandringstidspunktene er større for noen elver enn for andre. De beregnede dødelighetsestimatene er følsomme for formen på den antatte utvandringsskurven. Som hovedregel øker lusekonsentrasjonen langs kysten i løpet av våren. Dersom den antatte utvandringsskurven er forskjøvet mot tidligere utvandring enn realistisk (mot venstre i Figur 1) vil dødelighetsestimatene som hovedregel bli for lave. Dersom utvandringsskurven er forskjøvet mot senere utvandring enn realistisk (mot høyre i Figur 1) vil dødelighetsestimatene tilsvarende bli urealistisk høy.



**Figur 1:** Tidsfordeling for når fisk fra tre ulike elver (Etne, Gaula og Mattiselva) vandrer gjennom fjorden (er eksponert for lakselus)

I den forenklete vandringsmodellen svømmer postsmolten alltid ut mot åpent hav. For å implementere dette trenger vi en *fjord-indeks* som er et mål på sjøavstanden til åpent hav. Vi tar utgangspunkt i 800 meters gridet i NorKyst-800. En gridcelle hvor hele blokken på

25x25 gridceller (20 km) omkring defineres som åpnet hav og får fjord-indeks null. De andre er foreløpig udefinert. Sjøcellenes verdi defineres rekursivt ved at de får verdien til definert nabocelle pluss en. Dette gir en indeks med økende verdi innover i fjordene. Som et eksempel er fjord-indeksen for Hardangerfjorden vist i Figur 2.



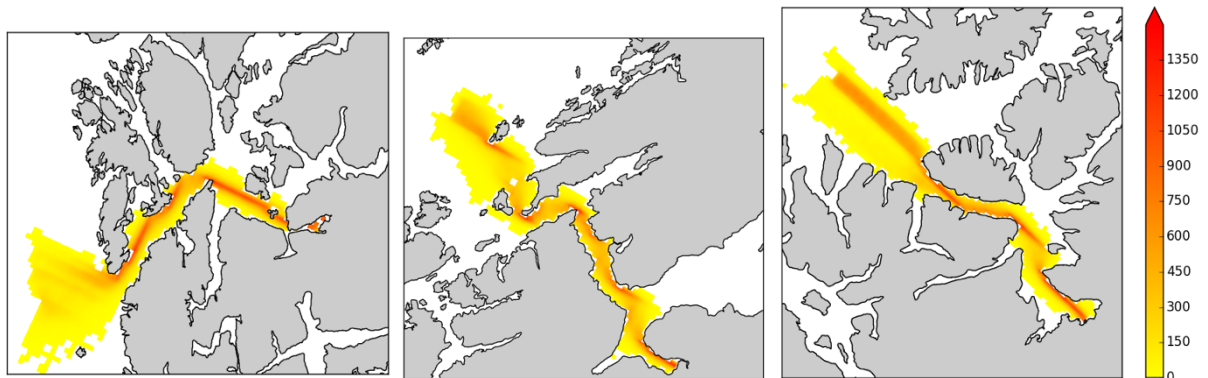
**Figur 2:** Fjord-indeks i Hardangerfjorden

Hver virtuell postsmolt starter i gridcellen ved elvemunningen. Bevegelsen herifra er stokastisk, men med en bias mot åpent hav. Mer spesifikt; det er fem ganger mer sannsynlig at fisken beveger seg mot en lavere fjord-indeks enn at den går mot en annen nabocelle. Det er lagt inn en sperre for at den ikke skal gå tilbake til cellen den kom ifra. Tidssteget er en time, noe som gir den virtuelle fisken maksimumfart på  $22 \text{ cm s}^{-1}$  ( $0.8 \text{ km/t}$ ). På grunn av det stokastiske elementet med tilfeldig bevegelse mellom gridcellene, blir effektiv fart i retning mot havet noe lavere:  $13.2 - 19.8 \text{ cm s}^{-1}$ . Observasjoner på svømmehastighet varierer en del, med gjennomsnittlig hastighet på ca  $14 - 24 \text{ cm s}^{-1}$  (Thorstad et al. 2004, Finstad et al. 2005, Økland et al. 2006, Davidsen et al. 2009, Plantalech Mantel-la et al. 2009).

Postsmoltens utvandningsruter er i virkeligheten mest sannsynlig et resultat av respons til en hel rekke miljøvariabler (Thorstad et al. 2012). Den virtuelle vandringsmodellen er en forenklet modell der postsmolten svømmer mer eller mindre korteste vei mot havet, uten å ta høyde for saltholdighet eller strøm. Lengre vandringsruter og lengre opphold i fjordene kan gi mer sterkere eksponering for lakselus, slik at det estimerte lusepåslaget representerer



lusepåslag ved minimums eksponering. Valg av korteste rute kan medføre at utvandingsrutene ikke er korrekte for alle elver i alle år, spesielt der det finnes flere naturlige valg. Videre utvikling og endringer av modellen kan skje i løpet av de neste årene, for å oppnå større grad av realisme i svømmehastighet og -retning. Eksempel på svømmerute og gjennomsnittlig utvandringstid for 100 fisk fra Etne, Gaula og Alta er gitt i Figur 3 og Tabell 1. I Figur 3 viser rød farge den migrasjonsruten som flest postsmolt har brukt, og gul farge viser område med færre postsmolt. Tallene i Figur 3 og Tabell 1 er beregnet for 100 vilkårlige modellfisk, og vil variere noe mellom modellkjøringer.



**Figur 3:** Eksempel på utvandingsruter for postsmolt fra elvene Etne, Gaula og Alta

**Tabell 1:** Gjennomsnittlig, standard avvik, minimum og maksimums utvandringstid fra 100 fisk 3 elver: Etne, Gaula og Alta

ELV	GJ.SNITT	STD
ETNE	6,7 d	0,7 d
GAULA	8,5 d	0,8 d
ALTA	9,6 d	1.0 d

Den virtuelle vandringsmodellen er koblet til det simulerte konsentrasjonsfeltet av kopepoditter, som gir tettheten av lakselus per volum. Vi har i dette arbeidet brukt gjennomsnittlig lakseluskonsentrasjon i de øvre 2 meter. Det er urealistisk å anta at en fisk er eksponert for alle lus i en 800 m x 800 m stor modell-celle. Vi har antatt at en modellfisk hver time er eksponert for et sub-volum i modelgriddet den befinner seg i. I observasjoner er det vist at lakselus kan detektere en fisk på 3 cm avstand (Heuch et al. 2007). Vi har antatt at fisken svømmer rett gjennom modelgriddet, og at lus innen 3 cm avstand kan detektere fisken. Dette svarer til et sub-volum på  $(\pi * 0.03^2 * 800) \sim 2.26 \text{ m}^3$ . Hvor mange av lusene innen dette volumet som er faktisk er i stand til å sette seg på en fisk, er usikkert. For å estimere sannsynlig lusepåslag har vi gjort noen statistiske beregninger basert på både modellresultat og observasjoner, mer grundig beskrevet i følgende kapittel: Estimert lusepåslag. Den antatte sannsynligheten for luseinfeksjon følger en Poissonfordeling og postsmoltens forflytning, luseinfeksjon og totalt antall lakselus på hver virtuell postsmolt er beregnet og oppdatert hver time. Når en lakselus har infisert en virtuell postsmolt vil den forbli på fisken.

Når den virtuelle postsmolten når et punkt 4 km fra nærmeste landpunkt, er fisken antatt å være i havet og utenfor interesseområdet. Vi teller så opp hvor mange lus hver individuell postsmolt har fått på seg. Ved å telle antall lus på all virtuell fisk, finner vi en fordeling av antall lus på postsmolt fra hver elv. Basert på verdier fra Taranger et al. (2015) og antagelsen at all modellfisk er 20 g, har vi regnet dødelighet på fisken, gitt i Tabell 2. På denne måten har vi estimert total dødelighet på utvandrende postsmolt på grunn av lakselus fra oppdrettsanlegg for hver enkelt elv. Vi vet at fisken i nord er større enn den i sør (Rikardsen et al. 2004). Den estimerte dødeligheten fra den virtuelle postsmolten vil derfor være noe over realistisk verdi i nord, og tilsvarende noe under i sør. Dette er noe som vil bli tatt hensyn til i en videreutvikling av modellen de neste årene, og testet imot observasjoner i både sør og nord.

**Tabell 2:** Antatt dødelighet for postsmolt med gitt antall lus.

ANTALL LUS FISK <sup>1</sup>	ANTATT DØDELIGHET
< 2	0 %
2 ≤ 4	20 %
4 ≤ 6	50 %
> 6	100 %

### Estimert lusepåslag

For å vurdere kor stor del av lusa fra det antatte sub-volumet som faktisk setter seg på fisken har vi vurdert lusepåslag på modellfisk med med observasjoner. Her har vi brukt resultater fra trålt postsmolt i 2015 fra Hardangerfjorden (i produksjonsområde 3) og 2016 Hardangerfjorden og Trondheimsfjorden-Frohavet (i produksjonsområde 3 og 6). Vi har sammenlignet estimert lusemengde på virtuell postsmolt, i samme område som tråltrekk er tatt, med det observerte nivået på trålt fisk.

I beregningene er det brukt ukemidlet observert antal lus per fisk og simulert potensielle luseinfeksjoner per modell-fisk. Dette gir 14 observasjonspunkt med varierende antal fisk, gitt i Tabell 3. For hvert av de 14 observasjonspunktene antas antall lus per postsmolt å være Poisson-fordelt med middeltall lambda. Sannsynlighetsfordelingen til lambda beregnes Bayesisk (Markovkjede Monte Carlo basert på uniform prior). Stor spredning her viser stor usikkerhet, på grunn av stor spredning i lus per fisk og/eller få postsmolt i observasjonen. Usikkerheten i estimatet av lambda er vist i Figur 4 ved stolper som angir 90% troverdighetsintervall (credible interval).

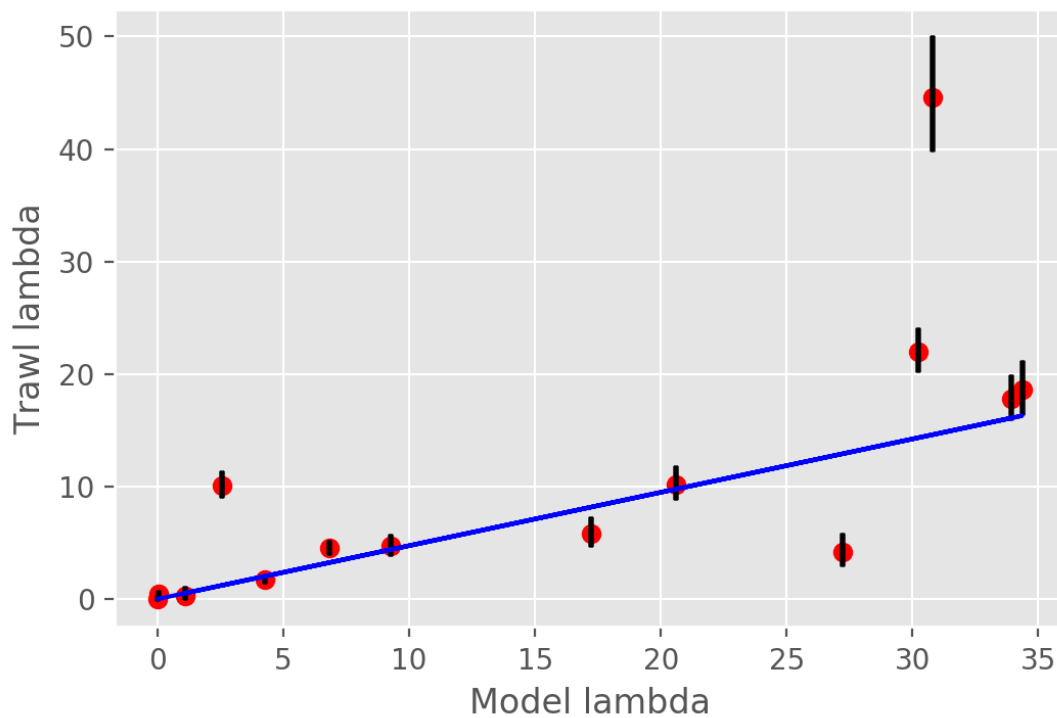
**Tabell 3:** Observasjoner brukt til beregning av påslag lus på vill fisk.

År	Uke	Område	N post-smot	Middel # Lus
2015	19	3	26	10.12
2015	20	3	51	4.41
2015	21	3	16	10.19
2015	22	3	19	22.00
2015	23	3	15	17.8
2015	24	3	7	4.14
2016	18	3	7	0.29
2016	19	3	134	1.73
2016	20	3	22	4.68
2016	21	3	13	5.85
2016	22	3	10	18.60
2016	23	3	5	44.60
2016	21	6	81	0.01
2016	22	6	168	0.44

Det er så gjort en vektet lineær regresjon hvor lambda-estimatene er vektet med en over variansen i lambda-estimatene. Dette gjør at observasjoner med stor usikkerhet får mindre betydning. Regresjonslinjen er tvunget gjennom origo. Dette for å unngå negative tall eller

motsatt at kalibreringen gir lus der det hverken er lus i modellen eller observasjonene. Denne regresjonen er vist som svart linje i Figur 4.. Den estimerte kalibreringsfaktoren er stigitallet til denne linjen som er 0.47. Korrelasjonen mellom de modellerte og trål-estimerte lambda-verdiene er 0.72, mens den vektete korrelasjonen (vekker som over) er 0.86.

I tillegg er det 10 000 ganger trukket en lambda-verdi fra hver av de estimerte lambda-fordelingene og deretter beregnet 10 000 regresjonslinjer. Disse linjene spriker lite fra hovedregresjonen, stigitallet har 5 og 95 prosentilverdier 0.46 og 0.50.



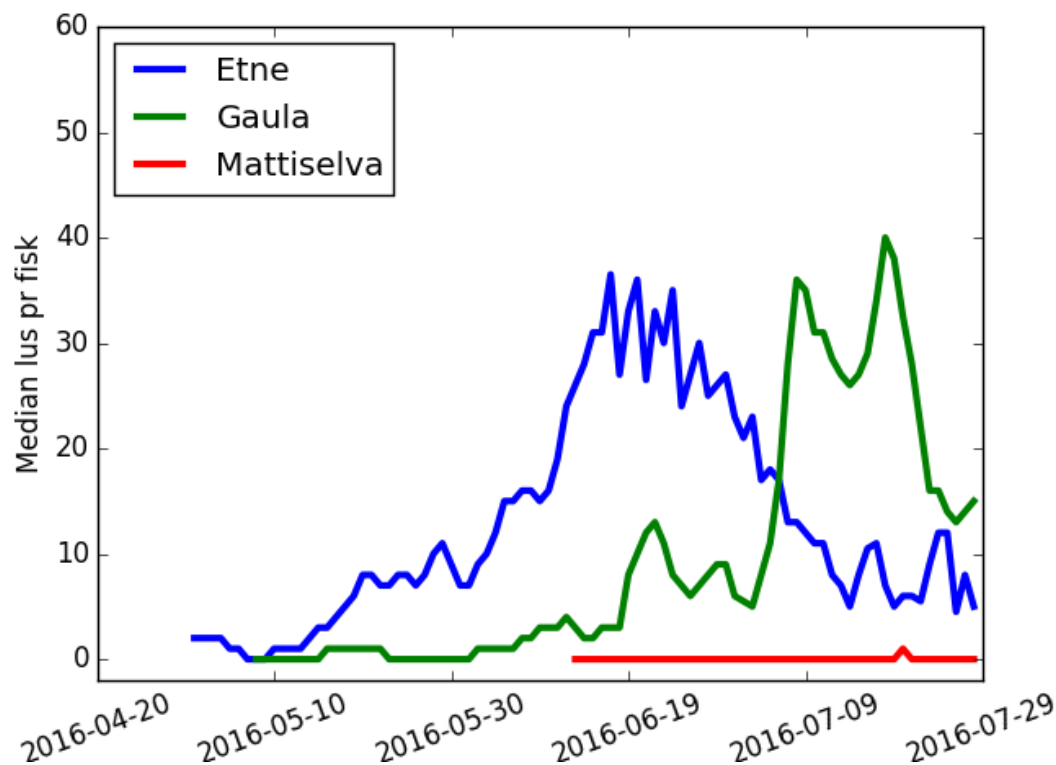
**Figur 4:** Poisson-fordelt sannsynlighet av lus på fisk fra modell og observasjon. Markører viser lambda ( $\lambda$ ) fra poissonfordelingene. Sorte stolper angir 90 % troverdighetsintervall. Regresjonslinjen gjennom origo er inntegnet.

I de følgende beregninger av lusepåslag på modell-fisk har vi betraktet stigitallet til regresjonslinjen mellom modell-lambda og observasjons-lambda i Figur 4 som den sannsynlige smittsomheten til lakselus (47%). Videre sammenligning av estimert lusepåslag med observasjoner vil bli løpende gjennomført de kommende årene, med økt innsats på å få flere observasjoner og observasjoner fra flere produksjonsområder. Det blir også undersøkt mulighet for å genetisk spore postsmolten tilbake til de ulike elvene. Da det er stor forskjell på det predikerte lusenivået mellom elvene, vil det være enklere å undersøke kvaliteten til modellestimatene dersom vi kjenner det geografiske utgangspunktet til den trålte fisken.

## Resultat

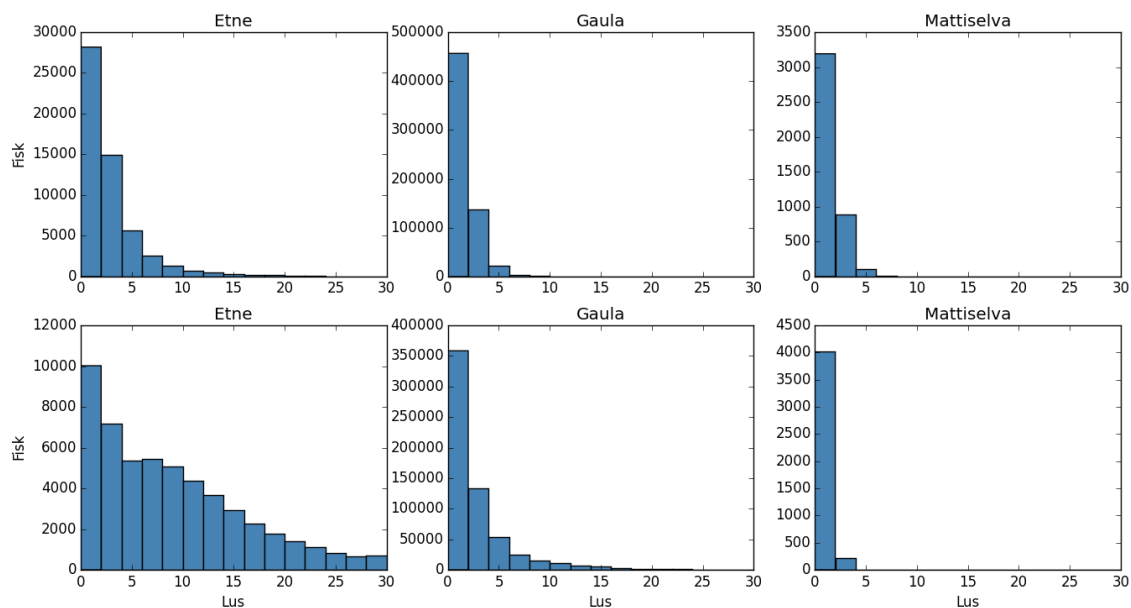
I resultatene som følger har vi sett på det endelige påslaget når den virtuelle postsmolten har nådd havet (4 km fra nærmeste landpunkt).

En tidsutvikling av gjennomsnittlig antall lus på postsmolten i det de når havet fra elvene Etne, Gaula og Mattiselva i 2016 er gitt i figur 5. Vi kan se at den virtuelle postsmolten fra Etne og Gaula får på seg mer lus enn den fra Mattiselva. Mens modellen viser økende lusenivå utover sesongen for postsmolten fra Gaula, estimerer modellen økende antall luseinfeksjoner for fisk fra Etne i april, mai og begynnelsen av juni, før lusepresset avtar i slutten av juni. Nedgang i lus kan skyldes minkende lus på anlegg i nærheten, utslakting eller kraftig strømepisode som transporterer lus bort fra utvandningsruten. I Figur 5 vil mesteparten (over 90 %) av fisken fra både Etne og Gaula ha nådd havet før de høye predikerte luse-verdiene inntreffer.



**Figur 5:** Tidsutvikling av median antall lus på virtuell postsmolt når den når havet i 2016

Når all fisk har nådd havet teller vi opp lusepåslag på hver enkelt fisk, og får en fordeling som illustrert for virtuell postsmolt fra elvene Etne, Gaula og Mattiselva i Figur 6. Ved å beregne fordelingen av lus på den virtuelle postsmolten, inkludere en dødelighet på lakselusene på fisken på 40% og anta at dødeligheten blant fisken i de ulike infeksjons-gruppene er som gitt i Tabell 2, har vi estimert dødelighet på postsmolt fra alle elvene.

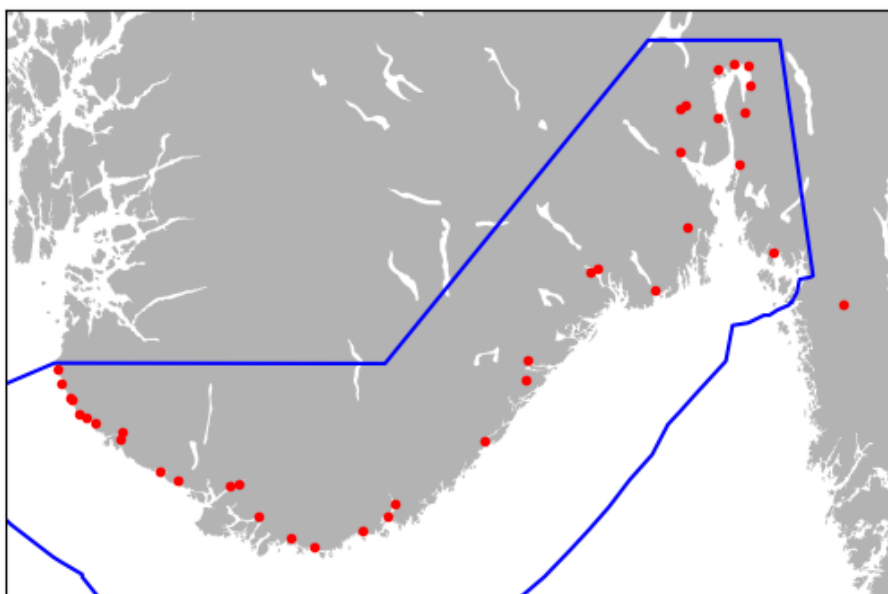


**Figur 6:** Fordeling av estimert antall lus på utvandrende postsmolt fra Etne, Gaula og Mattiselva i 2015 (øverst) og 2016 (nederst).

### Estimert dødelighet

Følgende tabeller viser estimert dødelighet på postsmolt fra lakseelver i de ulike produksjonsområdene for 2015 og 2016. Det er observert dødelighet på lakselus fra det smittsomme kopepodittstadiet til de mest skadelige stadiene (pre-adult og adult) på 30 – 50% (Stien et al. 2005, Wagner et al. 2008). I følgende resultat har vi antatt at 60 % av de påslåtte lakselus-larvene overlever, og lagt i grunn for å estimere dødelighet i følge Tabell 2. Normal utvandring er utvandring som gitt i vedlegg I, tidlig utvandring er forskjøvet 10 dager tidligere, og sen utvandring er forskjøvet 10 dager senere.

### Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren





**Område 1: Svenskegrensen – Jæren 2015**

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Enningdal	0 %	0 %	0 %
Glomma	0 %	0 %	0 %
Hølenelva	0 %	0 %	0 %
Årungenelva	0 %	0 %	0 %
Gjersjøelva	0 %	0 %	0 %
Nordmarkvassdraget	0 %	0 %	0 %
Lysakerelva	0 %	0 %	0 %
Sandvik	0 %	0 %	0 %
Åros	0 %	0 %	0 %
Lier	0 %	0 %	0 %
Drammen	0 %	0 %	0 %
Sandevassdraget	0 %	0 %	0 %
Aulivassdraget	0 %	0 %	0 %
Numedal	0 %	0 %	0 %
Herre	0 %	0 %	0 %
Skien	0 %	0 %	0 %
Gjerstadvassdraget	0 %	0 %	0 %
Vegår	0 %	0 %	0 %
Nidelva	0 %	0 %	0 %
Tovdal	0 %	0 %	0 %
Otra	0 %	0 %	0 %
Søgne	0 %	0 %	0 %
Mandal	0 %	0 %	0 %
Audna	0 %	0 %	0 %
Lygna	0 %	0 %	0 %
Fedaelva	0 %	0 %	0 %
Kvina	1 %	0 %	0 %
Sokndal	1 %	0 %	0 %
Sira	1 %	0 %	0 %
Hellelandselva	1 %	0 %	0 %
Ogna	0 %	0 %	0 %
Fuglestad	1 %	0 %	0 %
Bjerkreim	1 %	0 %	0 %
Kvasheim	0 %	0 %	0 %
S. Varhaug	0 %	0 %	0 %
N. Varhaug	1 %	0 %	0 %
Håelva	1 %	0 %	0 %
Orreåna	0 %	0 %	0 %



**Område 1: Svenskegrensen – Jæren 2016**

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Enningdal	0 %	0 %	0 %
Glomma	0 %	0 %	0 %
Hølenelva	0 %	0 %	0 %
Årungenelva	0 %	0 %	0 %
Gjersjøelva	0 %	0 %	0 %
Nordmarkvassdraget	0 %	0 %	0 %
Lysakerelva	0 %	0 %	0 %
Sandvik	0 %	0 %	0 %
Åros	0 %	0 %	0 %
Lier	0 %	0 %	0 %
Drammen	0 %	0 %	0 %
Sandevassdraget	0 %	0 %	0 %
Aulivassdraget	0 %	0 %	0 %
Numedal	0 %	0 %	0 %
Herre	0 %	0 %	0 %
Skien	0 %	0 %	0 %
Gjerstadvassdraget	0 %	0 %	0 %
Vegår	0 %	0 %	0 %
Nidelva	0 %	0 %	0 %
Tovdal	0 %	0 %	0 %
Otra	0 %	0 %	0 %
Søgne	1 %	0 %	0 %
Mandal	1 %	0 %	0 %
Audna	1 %	0 %	0 %
Lygna	1 %	0 %	0 %
Fedaelva	1 %	0 %	0 %
Kvina	1 %	0 %	0 %
Sokndal	1 %	0 %	0 %
Sira	1 %	0 %	0 %
Hellelandselva	1 %	0 %	0 %
Ogna	0 %	0 %	0 %
Fuglestad	1 %	0 %	0 %
Bjerkreim	1 %	1 %	0 %
Kvasheim	0 %	0 %	0 %
S. Varhaug	0 %	0 %	0 %
N. Varhaug	1 %	0 %	0 %
Håelva	1 %	0 %	0 %
Orreåna	0 %	0 %	0 %

## Produksjonsområde 2: Ryfylke



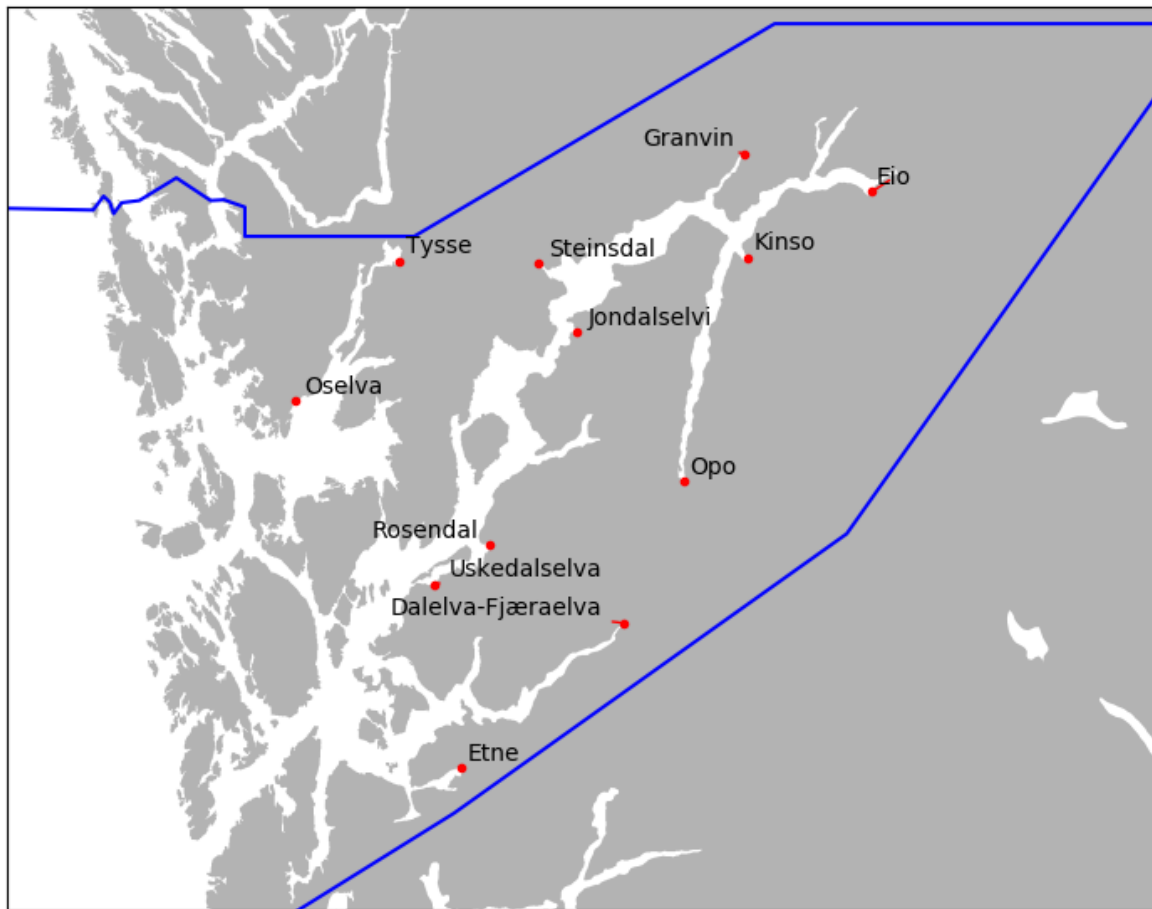
### Område 2: Ryfylke 2015

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Figgjo	1 %	0 %	0 %
Storåna	1 %	0 %	0 %
Dirdal	1 %	0 %	0 %
Espedal	1 %	0 %	0 %
Frafjord	1 %	0 %	1 %
Lyse	1 %	1 %	2 %
Jørpeland	1 %	0 %	0 %
Årdal	1 %	2 %	3 %
Hjelmeland	1 %	2 %	4 %
Vormo	5 %	9 %	14 %
Førreelva	19 %	18 %	18 %
Håland	11 %	21 %	35 %
Ulla	9 %	16 %	24 %
Suldals	1 %	4 %	6 %
Åbøelva	17 %	21 %	25 %
Saudavassdraget	10 %	15 %	20 %
Rødneelva	3 %	10 %	19 %
Vikedal	2 %	7 %	14 %

## Område 2: Ryfylke 2016

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Figgjo	1 %	0 %	1 %
Storåna	4 %	7 %	15 %
Dirdal	2 %	6 %	23 %
Espedal	2 %	6 %	22 %
Frafjord	5 %	11 %	26 %
Lyse	11 %	24 %	31 %
Jørpeland	2 %	5 %	16 %
Årdal	7 %	19 %	39 %
Hjelmeland	2 %	13 %	33 %
Vormo	10 %	26 %	46 %
Førreelva	57 %	54 %	58 %
Håland	14 %	31 %	51 %
Ulla	18 %	37 %	56 %
Suldals	2 %	14 %	29 %
Åbøelva	43 %	54 %	64 %
Saudavassdraget	32 %	43 %	53 %
Rødneelva	17 %	33 %	50 %
Vikedal	6 %	21 %	38 %

### Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra



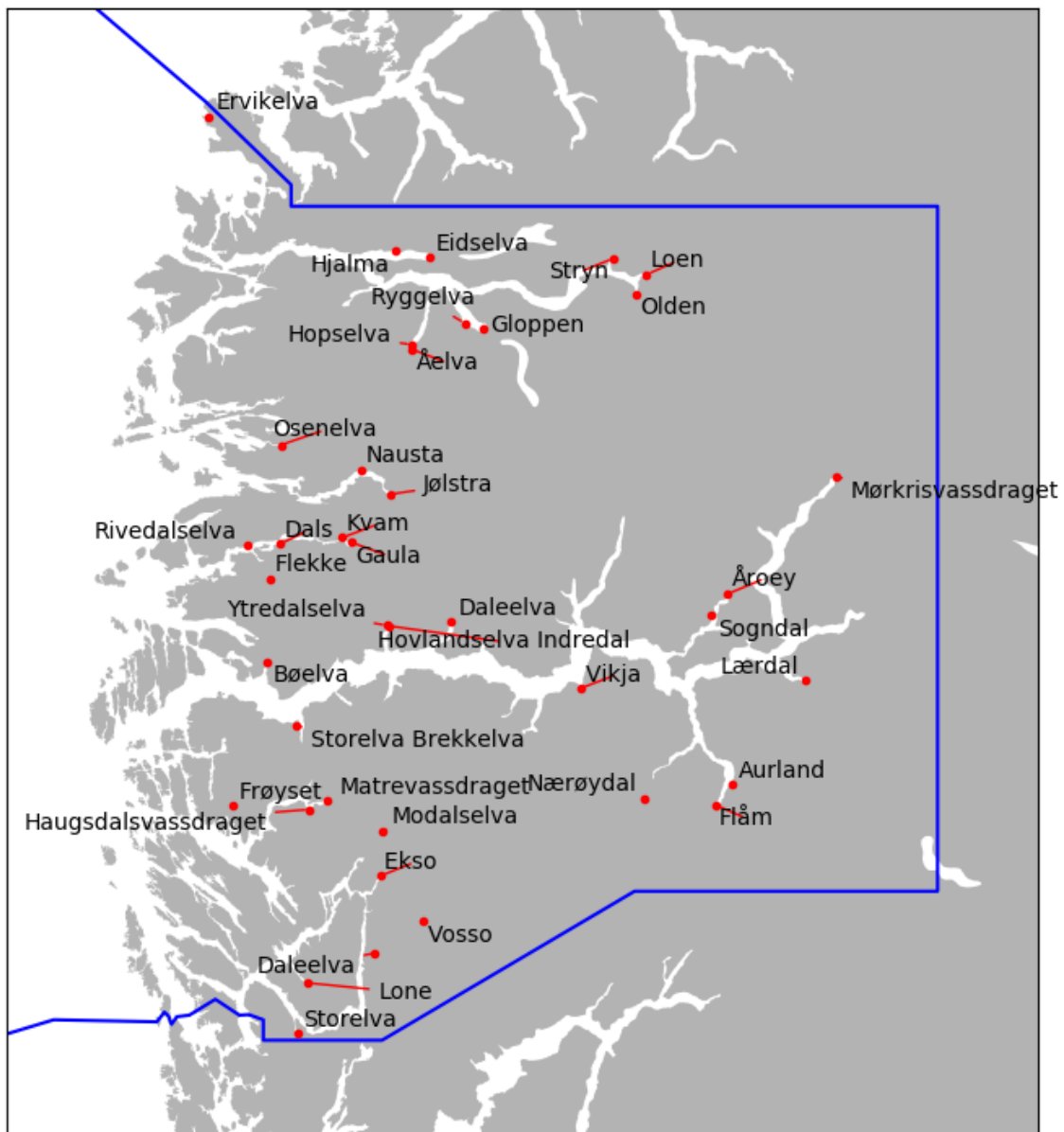
### Område 3: Karmøy til Sotra 2015

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Etne	2 %	8 %	26 %
Dalelva- Fjæraelva	20 %	30 %	40 %
Uskedalselva	22 %	44 %	60 %
Rosendal	23 %	43 %	60 %
Jondalselvi	63 %	79 %	90 %
Opo	90 %	88 %	80 %
Kinso	91 %	86 %	78 %
Eio	93 %	91 %	83 %
Granvin	83 %	94 %	92 %
Steinsdal	76 %	86 %	87 %
Oselva	27 %	45 %	62 %
Tysse	39 %	59 %	76 %

**Område 3: Karmøy til Sotra 2016**

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Etne	29 %	49 %	72 %
Dalelva-			
Fjæraelva	61 %	74 %	88 %
Uskedalselva	34 %	57 %	79 %
Rosendal	37 %	59 %	79 %
Jondalselvi	59 %	78 %	90 %
Opo	93 %	94 %	90 %
Kinso	93 %	93 %	90 %
Eio	92 %	95 %	90 %
Granvin	81 %	93 %	95 %
Steinsdal	75 %	86 %	92 %
Oselva	11 %	28 %	48 %
Tysse	23 %	45 %	65 %

## Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt



### Område 4: Norhordland til Stadt 2015

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Lone	14 %	11 %	7 %
Storelva	18 %	17 %	15 %
Daleelva	11 %	13 %	15 %
Vosso	20 %	16 %	12 %
Ekso	14 %	11 %	9 %
Modalselva	17 %	19 %	21 %
Haugsdalsvassdraget	8 %	12 %	26 %
Matrevassdraget	9 %	13 %	20 %
Frøyset	4 %	7 %	13 %
Storelva			
Brekkeelva	3 %	5 %	6 %

Vikja	16 %	17 %	17 %
Nærøydal	24 %	24 %	26 %
Flåm	23 %	21 %	24 %
Aurland	21 %	16 %	23 %
Lærdal	20 %	16 %	23 %
Mørkrisvassdrage	19 %	17 %	23 %
Sogndal	19 %	17 %	21 %
Åroey	20 %	19 %	20 %
Daleelva	11 %	13 %	15 %
Hovlandselva			
Indredal	8 %	8 %	12 %
Ytredalselva	9 %	11 %	12 %
Bøelva	3 %	6 %	10 %
Dals	1 %	1 %	2 %
Flekkje	4 %	5 %	9 %
Kvam	5 %	5 %	7 %
Rivedalselva	1 %	0 %	2 %
Gaula	6 %	7 %	8 %
Nausta	1 %	0 %	0 %
Jølstra	2 %	2 %	1 %
Osenelva	3 %	4 %	8 %
Hopselva	6 %	5 %	2 %
Åelva	7 %	6 %	4 %
Ryggelva	8 %	7 %	6 %
Gloppen	8 %	7 %	6 %
Olden	9 %	8 %	7 %
Loen	11 %	9 %	7 %
Stryn	12 %	10 %	8 %
Hjalma	7 %	7 %	6 %
Eidselva	6 %	6 %	5 %
Ervikelva	0 %	0 %	0 %

#### Område 4: Nordhordland til Stadt 2016

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Lone	9 %	9 %	10 %
Storelva	14 %	14 %	17 %
Daleelva	46 %	57 %	61 %
Vosso	27 %	26 %	24 %
Ekso	14 %	16 %	17 %
Modalselva	25 %	28 %	29 %
Haugsdalsvassdraget	6 %	10 %	18 %
Matrevassdraget	13 %	17 %	22 %
Frøyset	4 %	8 %	13 %

Storelva			
Brekkeelva	5 %	14 %	31 %
Vikja	52 %	63 %	64 %
Nærøydal	64 %	65 %	64 %
Flåm	62 %	64 %	66 %
Aurland	57 %	60 %	67 %
Lærdal	58 %	61 %	68 %
Mørkrisvassdrage	62 %	63 %	69 %
Sogndal	58 %	62 %	66 %
Åroey	56 %	62 %	66 %
Daleelva	46 %	57 %	61 %
Hovlandselva			
Indredal	27 %	40 %	53 %
Ytredalselva	37 %	48 %	56 %
Bøelva	11 %	24 %	40 %
Dals	1 %	1 %	2 %
Flekk	14 %	19 %	25 %
Kvam	21 %	27 %	36 %
Rivedalselva	1 %	1 %	2 %
Gaula	29 %	37 %	48 %
Nausta	7 %	18 %	39 %
Jølstra	11 %	18 %	33 %
Osenelva	8 %	19 %	35 %
Hopselva	27 %	27 %	27 %
Åelva	25 %	27 %	28 %
Ryggelva	15 %	18 %	20 %
Gloppen	15 %	18 %	20 %
Olden	17 %	19 %	21 %
Loen	19 %	21 %	23 %
Stryn	20 %	23 %	25 %
Hjalma	15 %	19 %	21 %
Eidselva	8 %	15 %	18 %
Ervikelva	1 %	0 %	0 %



## Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika



### Område 5: Stadt til Hustadvika 2015

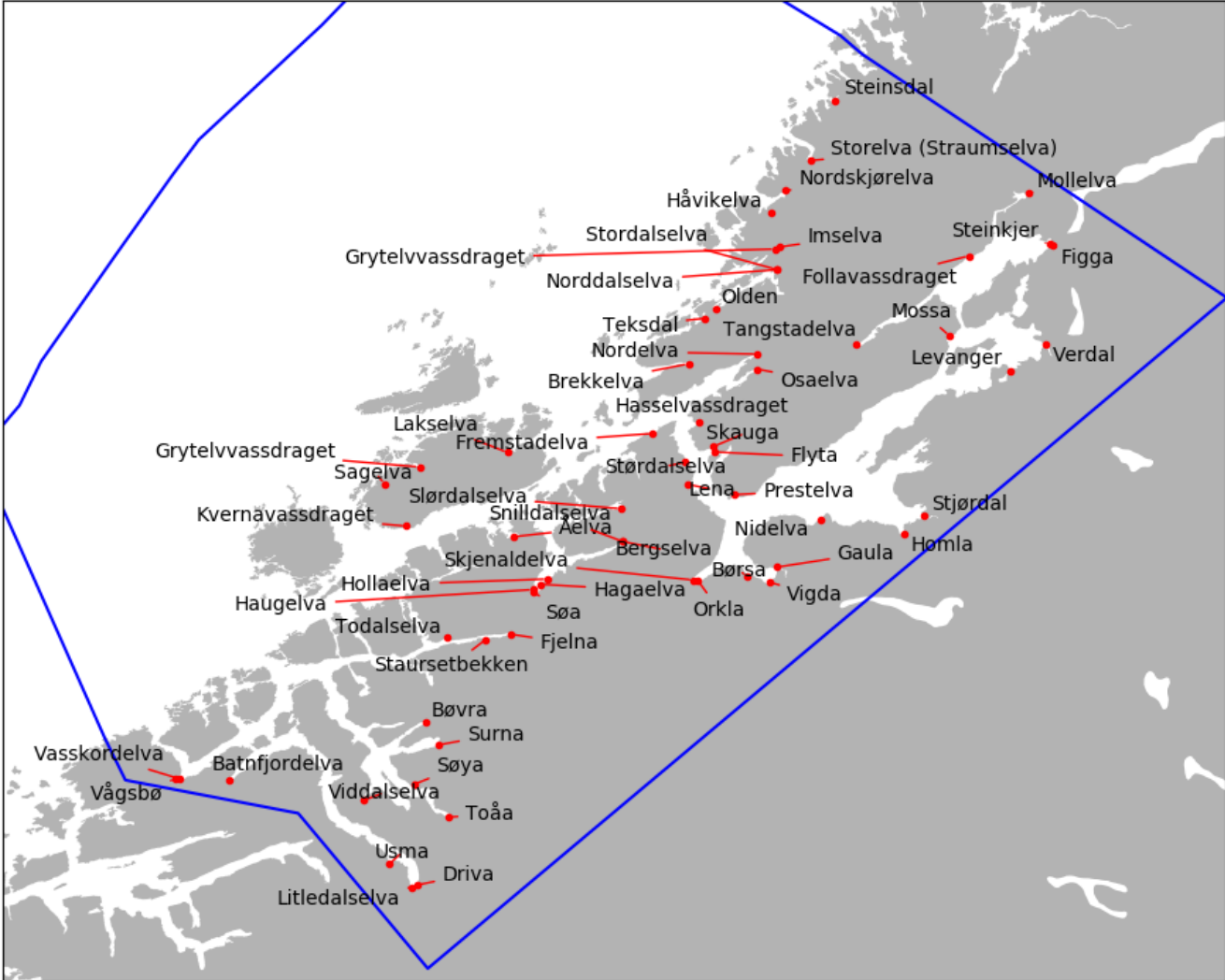
Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Storelva	1 %	0 %	1 %
Skorgelva	19 %	40 %	62 %
Tressa	26 %	44 %	63 %
Måna	23 %	44 %	67 %
Innfjordselva	40 %	63 %	85 %
Isavassdraget	56 %	75 %	91 %
Rauma	41 %	63 %	85 %
Mittetelva	28 %	48 %	71 %
Visa	33 %	54 %	75 %
Eira	39 %	59 %	79 %
Røa	9 %	31 %	54 %
Olteråa	15 %	34 %	56 %
Oppdøselva	9 %	29 %	50 %
Oselva	3 %	10 %	18 %
Sylte	27 %	40 %	54 %
Hustad	4 %	6 %	9 %
Åheim	2 %	3 %	5 %
Oselva	3 %	10 %	18 %
Norddalselva	12 %	22 %	26 %
Austefjord	34 %	45 %	58 %
Stigedalselva	34 %	54 %	75 %

Storelva	1 %	0 %	1 %
Storelva	1 %	0 %	1 %
Barstadvik	1 %	0 %	1 %
Ørsta	10 %	16 %	29 %
Hareid	1 %	0 %	0 %
Vågselva	3 %	12 %	20 %
Bondal	1 %	1 %	2 %
Vikelva	19 %	38 %	59 %
Norangdal	13 %	10 %	10 %
Aureelva	58 %	51 %	42 %
Velledal	59 %	49 %	37 %
Stranda	65 %	50 %	31 %
Korsbrekk	54 %	41 %	26 %
Eidsdalselva	74 %	56 %	33 %
Norrdalsvassdraget	68 %	49 %	30 %
Tafjordvassdraget	63 %	48 %	28 %
Stordalselva	65 %	50 %	33 %
Vagsvikelva	62 %	54 %	42 %
Valldal	83 %	65 %	46 %
Ørskog	14 %	13 %	15 %
Solnør	8 %	9 %	10 %
Tennfjord	1 %	1 %	1 %
Hildre	0 %	0 %	0 %

## Område 5: Stadt til Hustadvika 2016

Elv	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Storelva	1 %	0 %	2 %
Skorgelva	1 %	1 %	9 %
Tressa	4 %	7 %	15 %
Måna	1 %	5 %	22 %
Innfjordselva	5 %	20 %	38 %
Isavassdraget	19 %	35 %	53 %
Rauma	5 %	20 %	39 %
Mittetelva	4 %	18 %	39 %
Visa	6 %	23 %	45 %
Eira	10 %	27 %	48 %
Røa	2 %	2 %	13 %
Olteråa	2 %	4 %	14 %
Oppdølselva	2 %	1 %	9 %
Oselva	1 %	3 %	5 %
Sylte	1 %	0 %	1 %
Hustad	1 %	0 %	0 %
Åheim	2 %	3 %	3 %
Oselva	1 %	3 %	5 %
Norrdalselva	3 %	7 %	20 %
Austefjord	36 %	50 %	64 %
Stigedalselva	25 %	45 %	67 %
Storelva	1 %	0 %	2 %
Storelva	1 %	0 %	2 %
Barstadvik	1 %	1 %	2 %
Ørsta	10 %	18 %	37 %
Hareid	1 %	0 %	0 %
Vågselva	1 %	4 %	8 %
Bondal	10 %	13 %	29 %
Vikelva	13 %	30 %	51 %
Norangdal	17 %	23 %	34 %
Aureelva	15 %	17 %	25 %
Velledal	18 %	21 %	32 %
Stranda	23 %	31 %	46 %
Korsbrekk	31 %	40 %	53 %
Eidsdalselva	26 %	32 %	48 %
Norrdalsvassdraget	29 %	36 %	52 %
Tafjordvassdraget	32 %	41 %	55 %
Stordalselva	14 %	18 %	31 %
Vagsvikelva	12 %	14 %	22 %
Valldal	30 %	30 %	39 %
Ørskog	8 %	10 %	16 %
Solnør	6 %	8 %	12 %
Tennfjord	3 %	4 %	7 %
Hildre	1 %	1 %	3 %

Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag



**Område 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag 2015**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Vasskordelva	3 %	7 %	10 %
Vågsbø	2 %	4 %	7 %
Batnfjordelva	5 %	9 %	26 %
Usma	17 %	32 %	53 %
Litledalselva	20 %	35 %	56 %
Driva	20 %	34 %	55 %
Viddalselva	19 %	38 %	61 %
Søya	43 %	61 %	80 %
Toåa	59 %	74 %	88 %
Bøvra	54 %	71 %	86 %
Surna	46 %	63 %	81 %
Staursetbekken	47 %	70 %	87 %
Todalselva	46 %	67 %	85 %
Fjelna	47 %	60 %	74 %
Åelva	6 %	13 %	28 %
Lakselva totalt	1 %	6 %	20 %
Kvernavassdraget totalt	2 %	3 %	5 %
Sagelva	1 %	1 %	2 %
Grytelvassdraget totalt	2 %	3 %	6 %
Haugelva	18 %	22 %	38 %
Søa	6 %	9 %	23 %
Hagaelva	7 %	10 %	24 %
Hollaelva	5 %	9 %	21 %
Snilldalselva	10 %	15 %	26 %
Bergselva	12 %	17 %	27 %
Slørdalselva			
Totalt	7 %	9 %	19 %
Fremstadelva	1 %	0 %	1 %
Størdalselva	1 %	1 %	1 %
Lena	2 %	1 %	3 %
Skjenaldelva	1 %	0 %	0 %
Orkla	1 %	0 %	0 %
Børsa	1 %	1 %	1 %
Vigda	1 %	0 %	0 %
Gaula	1 %	1 %	1 %
Homla	1 %	0 %	1 %
Nidelva	1 %	1 %	1 %
Stjørdal	1 %	0 %	1 %
Levanger	1 %	1 %	1 %
Verdal	2 %	2 %	6 %
Figga	2 %	1 %	3 %
Steinkjer	1 %	1 %	5 %
Mollelva	4 %	4 %	6 %
Follavassdraget	1 %	1 %	1 %
Tangstadelva	5 %	6 %	10 %
Mossa	1 %	0 %	0 %
Prestelva	1 %	0 %	1 %

Flyta	1 %	0 %	1 %
Hasselvassdraget	1 %	0 %	0 %
Skauga	1 %	0 %	1 %
Osaelva	4 %	6 %	8 %
Nordelva	6 %	8 %	11 %
Brekkelva	1 %	0 %	1 %
Teksdal	1 %	1 %	2 %
Olden	1 %	1 %	3 %
Imselva	4 %	8 %	13 %
Grytelvassdraget	4 %	9 %	11 %
Stordalselva	4 %	7 %	19 %
Norddalselva	4 %	7 %	18 %
Håvikelva	2 %	4 %	11 %
Nordskjørelva	1 %	4 %	9 %
Storelva (Straumselva)	2 %	1 %	3 %
Steinsdal	1 %	0 %	0 %

#### Område 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag 2016

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Vasskordelva	1 %	0 %	2 %
Vågsbø	1 %	0 %	1 %
Batnfjordelva	1 %	0 %	1 %
Usma	2 %	2 %	4 %
Litledalselva	2 %	2 %	3 %
Driva	1 %	1 %	2 %
Viddalselva	1 %	0 %	0 %
Søya	1 %	0 %	0 %
Toåa	1 %	0 %	0 %
Bøvra	1 %	1 %	2 %
Surna	1 %	0 %	0 %
Staursetbekken	0 %	0 %	0 %
Todalselva	1 %	0 %	1 %
Fjelna	20 %	27 %	32 %
Åelva	17 %	30 %	48 %
Lakselva totalt	4 %	6 %	9 %
Kvernavassdraget totalt	1 %	0 %	0 %
Sagelva	1 %	0 %	1 %
Grytelvassdraget totalt	3 %	4 %	8 %
Haugelva	26 %	40 %	56 %
Søa	24 %	41 %	62 %
Hagaelva	23 %	40 %	63 %
Hollaelva	23 %	40 %	61 %
Snilldalselva	31 %	47 %	62 %
Bergselva	34 %	45 %	64 %
Slørdalselva			
Totalt	22 %	34 %	49 %
Fremstadelva	1 %	0 %	3 %
Størdalselva	2 %	4 %	11 %
Lena	4 %	7 %	15 %

Skjenaldelva	1 %	1 %	11 %
Orkla	1 %	5 %	20 %
Børsa	2 %	4 %	15 %
Vigda	1 %	2 %	12 %
Gaula	3 %	9 %	24 %
Homla	2 %	4 %	13 %
Nidelva	2 %	7 %	20 %
Stjørdal	6 %	20 %	38 %
Levanger	5 %	18 %	32 %
Verdal	19 %	32 %	54 %
Figga	10 %	24 %	41 %
Steinkjer	16 %	29 %	53 %
Mollelva	17 %	26 %	39 %
Follavassdraget	3 %	5 %	21 %
Tangstadelva	17 %	26 %	40 %
Mossa	1 %	2 %	13 %
Prestelva	1 %	1 %	7 %
Flyta	1 %	1 %	6 %
Hasselvassdraget	1 %	1 %	5 %
Skauga	2 %	6 %	20 %
Osaelva	13 %	19 %	30 %
Nordelva	14 %	20 %	29 %
Brekkelva	1 %	1 %	5 %
Teksdal	1 %	1 %	2 %
Olden	1 %	0 %	1 %
Imselva	6 %	8 %	10 %
Grytelvassdraget	5 %	4 %	4 %
Stordalselva	2 %	2 %	2 %
Norddalselva	2 %	2 %	2 %
Håvikelva	3 %	3 %	5 %
Nordskjørelva	4 %	3 %	5 %
Storelva (Straumselva)			
totalt	4 %	5 %	8 %
Steinsdal	2 %	2 %	4 %

## Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal



### Område 7: Nord-Trøndelag med Bindal 2015

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Skjellåa	1 %	1 %	1 %
Storelva Jøssund	2 %	1 %	1 %
Sitterelva	1 %	3 %	4 %
Oksdøla	1 %	0 %	2 %
Aursunda	2 %	3 %	3 %
Bogna	1 %	2 %	3 %
Årgård	5 %	5 %	6 %
Namsen	2 %	3 %	3 %
Vettruselva	9 %	14 %	18 %
Salvassdraget	4 %	3 %	3 %
Kvistelva	1 %	1 %	2 %
Kongsmo	18 %	21 %	26 %
Sjølstadelva	1 %	2 %	1 %
Nordmarkselva			
Åforelva	1 %	1 %	2 %
Horvelva	3 %	6 %	11 %

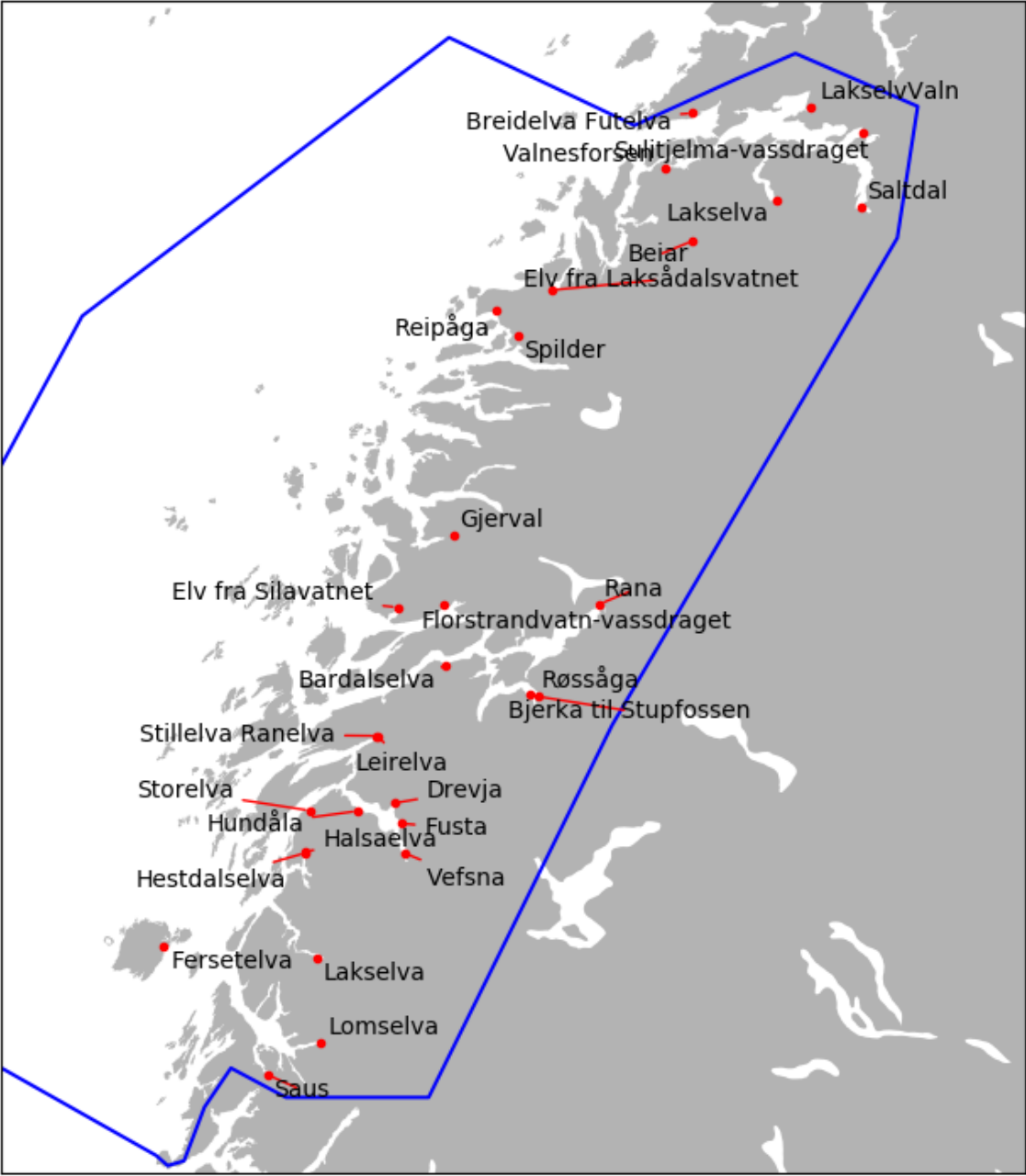


Storelva	6 %	16 %	33 %
Terråkelva	5 %	9 %	19 %
Urvollelva	5 %	10 %	20 %
Bogelva	5 %	11 %	20 %
StorelvTosb	11 %	17 %	25 %
Åbjoera	9 %	16 %	23 %
Eide	6 %	11 %	21 %

#### Område 7: Nord-Trøndelag med Bindal 2016

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Skjellåa	1 %	1 %	4 %
Storelva Jøssund	1 %	1 %	4 %
Sitterelva	1 %	0 %	0 %
Oksdøla	1 %	1 %	2 %
Aursunda	5 %	4 %	4 %
Bogna	2 %	3 %	3 %
Årgård	14 %	14 %	14 %
Namsen	2 %	2 %	3 %
Vettruselva	1 %	1 %	2 %
Salvassdraget	8 %	13 %	23 %
Kvistelva	4 %	7 %	10 %
Kongsmo	19 %	24 %	30 %
Sjølstadelva	4 %	6 %	9 %
Nordmarkselva			
Åforelva	4 %	7 %	10 %
Horvelva	2 %	4 %	6 %
Storelva	1 %	0 %	0 %
Terråkelva	1 %	0 %	0 %
Urvollelva	1 %	0 %	0 %
Bogelva	1 %	0 %	0 %
StorelvTosb	1 %	0 %	0 %
Åbjoera	1 %	1 %	2 %
Eide	1 %	0 %	0 %

Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø



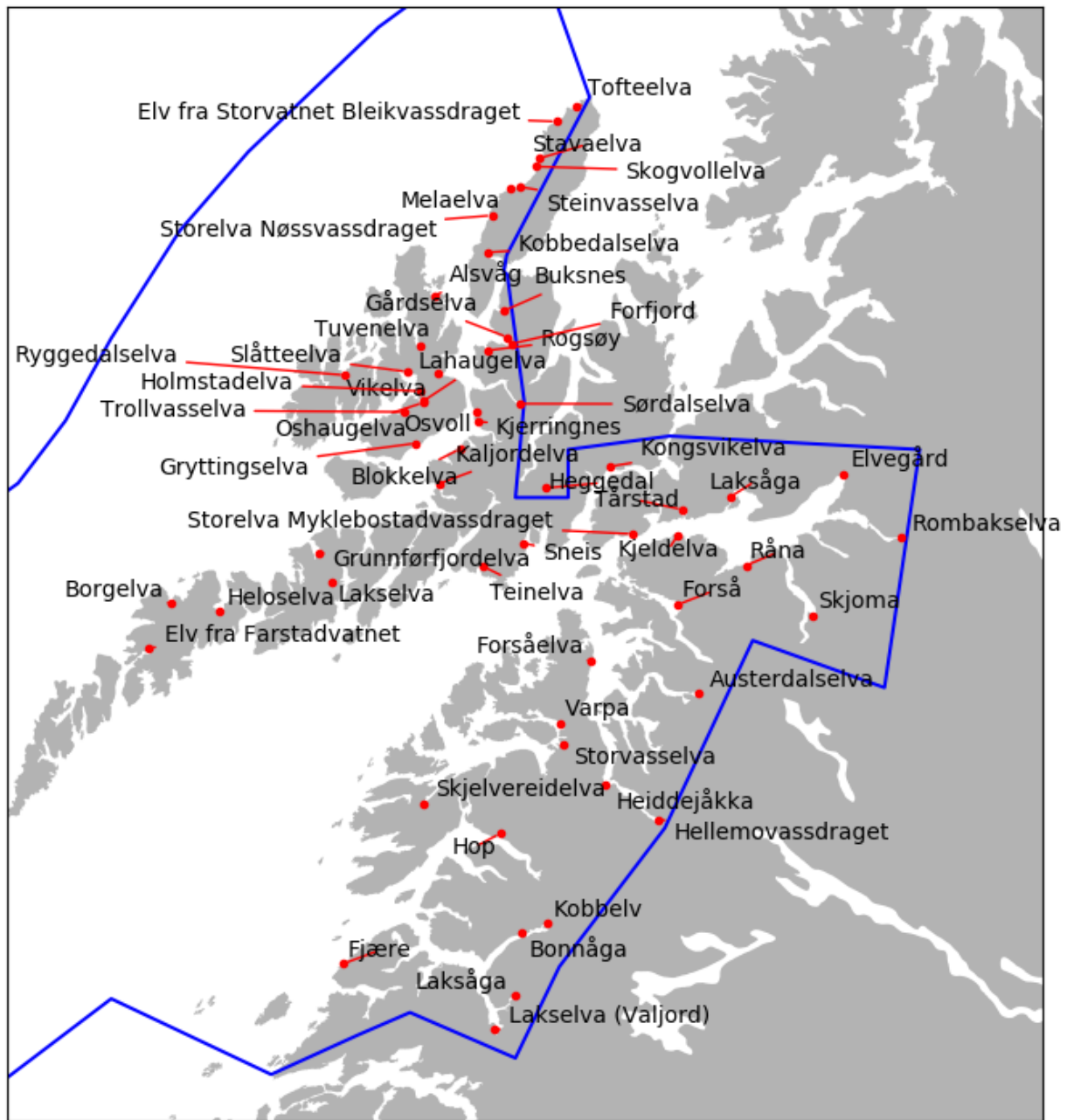
**Område 8: Helgeland til Bodø 2015**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Fersetelva	1 %	0 %	0 %
Saus	10 %	14 %	25 %
Lomselva	7 %	10 %	16 %
Lakselva	1 %	0 %	0 %
Hestdalselva	1 %	0 %	0 %
Halsaelva	1 %	0 %	1 %
Storelva	1 %	0 %	0 %
Hundåla	1 %	0 %	0 %
Vefsna	1 %	0 %	3 %
Drevja	1 %	0 %	3 %
Fusta	1 %	0 %	1 %
Leirelva	1 %	1 %	1 %
Stillelva			
Ranelva	1 %	1 %	2 %
Bardalselva	1 %	1 %	1 %
Bjerka til Stupfossen	1 %	1 %	1 %
Røssåga	2 %	1 %	1 %
Rana	2 %	2 %	2 %
Florstrandvatn- vassdraget	1 %	6 %	12 %
Elv fra Silavatnet	1 %	4 %	7 %
Gjerval	4 %	7 %	13 %
Spilder	1 %	1 %	3 %
Reipåga	0 %	0 %	4 %
Elv fra laksådalsvatnet	2 %	1 %	3 %
Beiar	6 %	8 %	10 %
Valnesfossen	1 %	0 %	0 %
Lakselva	1 %	0 %	0 %
Saltdal	1 %	0 %	0 %
LakselvValn	1 %	0 %	0 %
Sulitjelma-vassdraget	0 %	0 %	0 %
Breidelva			
Futelva	0 %	0 %	0 %

**Område 8: Helgeland til Bodø 2016**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Fersetelva	1 %	0 %	1 %
Saus	1 %	0 %	0 %
Lomselva	1 %	1 %	0 %
Lakselva	1 %	1 %	1 %
Hestdalselva	16 %	26 %	37 %
Halsaelva	18 %	27 %	35 %
Storelva	8 %	12 %	15 %
Hundåla	9 %	11 %	15 %
Vefsna	11 %	15 %	18 %
Drevja	13 %	16 %	20 %
Fusta	10 %	12 %	15 %
Leirelva	10 %	17 %	23 %
Stillelva			
Ranelva	9 %	16 %	22 %
Bardalselva	1 %	0 %	1 %
Bjerka til Stupfossen	1 %	0 %	1 %
Røssåga	1 %	1 %	1 %
Rana	1 %	1 %	1 %
Florstrandvatn- vassdraget	1 %	1 %	1 %
Elv fra Silavatnet	1 %	0 %	2 %
Gjerval	2 %	2 %	2 %
Spilder	1 %	0 %	0 %
Reipåga	0 %	0 %	0 %
Elv fra laksådalsvatnet	1 %	0 %	2 %
Beiar	7 %	9 %	12 %
Valnesforsen	1 %	0 %	1 %
Lakselva	1 %	1 %	1 %
Saltdal	1 %	1 %	2 %
LakselvValn	1 %	0 %	1 %
Sulitjelma-vassdraget	1 %	1 %	1 %
Breidelva			
Futelva	1 %	0 %	1 %

Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen



Område 9: Vestfjorden og Vesterålen 2015

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Fjære	0 %	0 %	0 %
Lakselva (Valjord)	1 %	1 %	0 %
Laksåga	1 %	0 %	3 %
Bonnåga	1 %	1 %	1 %
Kobbelv	2 %	2 %	3 %
Hop	2 %	6 %	10 %
Skjelvereidelva	1 %	0 %	0 %
Storvasselva	1 %	3 %	8 %
Varpa	1 %	2 %	7 %

Forsåelva	1 %	0 %	0 %
Heiddejåkka	1 %	1 %	0 %
Austerdalselva	1 %	0 %	3 %
Hellemovassdraget	1 %	1 %	1 %
Forså	2 %	2 %	3 %
Kjeldelva	2 %	6 %	10 %
Råna	1 %	0 %	0 %
Skjoma	1 %	3 %	8 %
Rombakselva	1 %	2 %	7 %
Elvegård	1 %	0 %	0 %
Laksåga	1 %	1 %	0 %
Tårstad	1 %	0 %	3 %
Storelva			
Myklebostadvassdraget	1 %	1 %	1 %
Kongsvikelva	1 %	1 %	0 %
Sneis	1 %	0 %	3 %
Heggedal	1 %	1 %	1 %
Teinelva	2 %	2 %	3 %
Kaljordelva	2 %	6 %	10 %
Blokkelva	1 %	0 %	0 %
Kjerringnes	1 %	3 %	8 %
Osvoll	1 %	2 %	7 %
Sjørdalselva	1 %	0 %	0 %
Rogsøy	1 %	1 %	0 %
Forfjord	1 %	0 %	3 %
Gårdselva	1 %	0 %	0 %
Buksnes	1 %	0 %	0 %
Lakselva	0 %	0 %	0 %
Grunnførfjordelva	0 %	0 %	0 %
Heloselva	0 %	0 %	0 %
Elv fra Farstadvatnet	0 %	0 %	0 %
Borgelva	0 %	0 %	0 %
Alsvåg	1 %	0 %	0 %
Vikelva	3 %	7 %	13 %
Gryttingselva	1 %	1 %	0 %
Trollvasselva	4 %	15 %	24 %
Lahaugelva	5 %	14 %	23 %
Oshaugelva	6 %	16 %	26 %
Holmstadelva	7 %	17 %	29 %
Slåtteeelva	8 %	24 %	39 %
Ryggedalselva	1 %	2 %	2 %
Tuvenelva	1 %	4 %	6 %
Kobbedalselva	1 %	0 %	0 %
Storelva			
Nøssvassdraget	0 %	0 %	0 %
Melaelva	0 %	0 %	0 %
Steinvasselva	0 %	0 %	0 %
Skogvollselva	0 %	0 %	0 %
Stavaelva	0 %	0 %	0 %
Elv fra Storvatnet			
Bleikvassdraget	0 %	0 %	0 %
Tofteelva	0 %	0 %	0 %

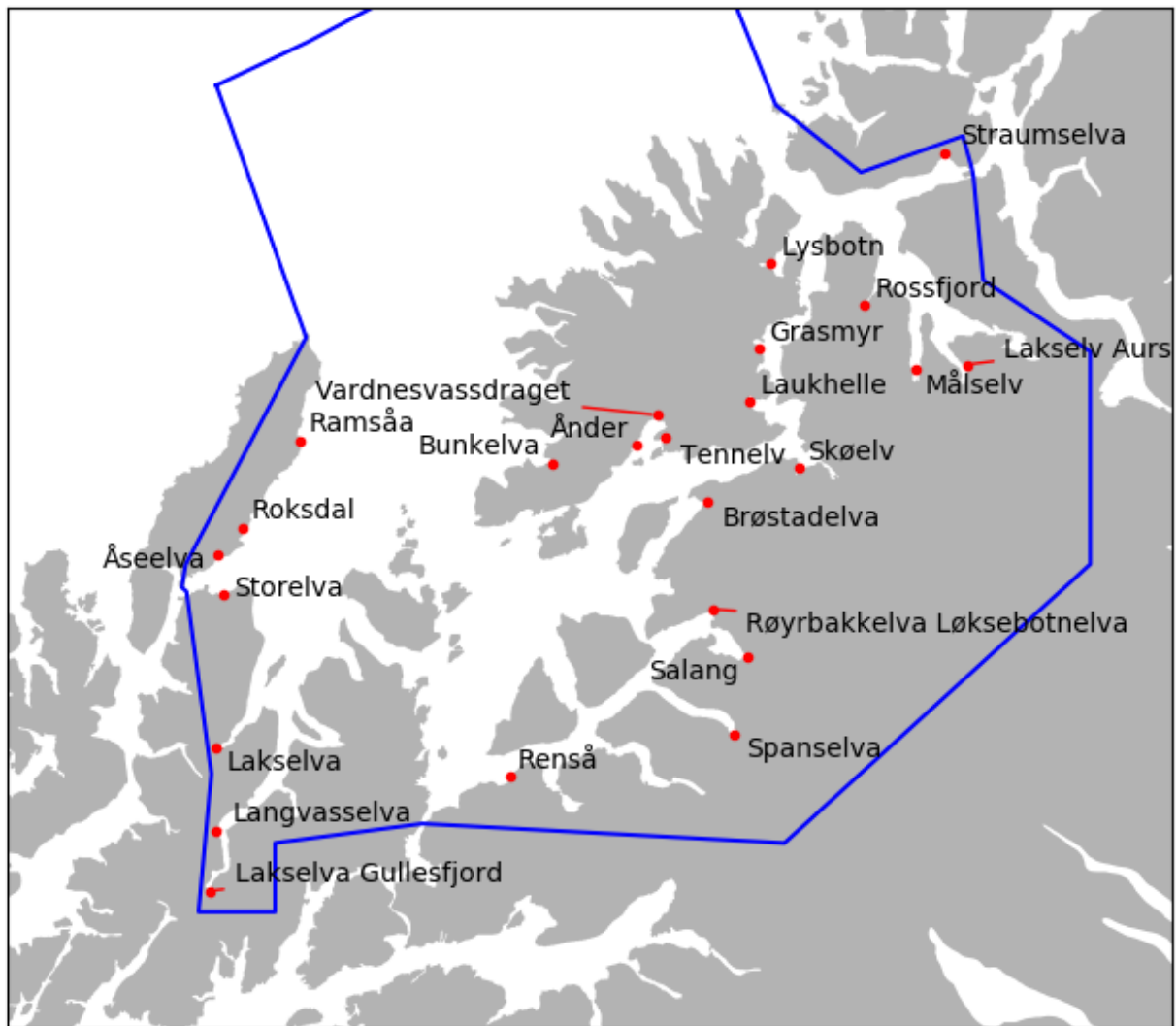
**Område 9: Vestfjorden og Vesterålen 2016**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Fjære	0 %	0 %	0 %
Lakselva (Valjord)	1 %	0 %	0 %
Laksåga	1 %	0 %	2 %
Bonnåga	1 %	0 %	0 %
Kobbelv	1 %	0 %	0 %
Hop	2 %	2 %	3 %
Skjelvereidelva	1 %	0 %	0 %
Storvasselva	12 %	19 %	31 %
Varpa	10 %	17 %	27 %
Forsåelva	4 %	11 %	13 %
Heiddejåkka	26 %	43 %	59 %
Austerdalselva	15 %	19 %	23 %
Hellemovassdraget	34 %	51 %	63 %
Forså	1 %	0 %	1 %
Kjeldelva	1 %	0 %	1 %
Råna	1 %	0 %	2 %
Skjoma	1 %	0 %	4 %
Rombakselva	4 %	6 %	8 %
Elvegård	2 %	2 %	6 %
Laksåga	1 %	0 %	2 %
Tårstad	1 %	0 %	2 %
Storelva			
Myklebostadvassdraget	1 %	0 %	0 %
Kongsvikelva	1 %	1 %	2 %
Sneis	1 %	0 %	0 %
Heggedal	1 %	3 %	5 %
Teinelva	1 %	0 %	0 %
Kaljordelva	1 %	2 %	3 %
Blokkelva	3 %	4 %	6 %
Kjerringnes	4 %	4 %	5 %
Osvoll	1 %	1 %	2 %
Sørdalselva	1 %	2 %	6 %
Rogsøy	1 %	0 %	0 %
Forfjord	1 %	0 %	0 %
Gårdselva	1 %	0 %	0 %
Buksnes	1 %	0 %	0 %
Lakselva	1 %	0 %	0 %
Grunnførfjordelva	0 %	0 %	0 %
Heloselva	0 %	0 %	0 %
Elv fra Farstadvatnet	0 %	0 %	0 %
Borgelva	0 %	0 %	0 %
Alsvåg	1 %	0 %	0 %
Vikelva	7 %	9 %	12 %
Gryttingselva	4 %	4 %	5 %
Trollvasselva	19 %	32 %	37 %
Lahaugelva	17 %	25 %	29 %

Oshaugelva	18 %	27 %	33 %
Holmstadelva	19 %	28 %	33 %
Slåtteeelva	25 %	37 %	45 %
Ryggedalselva	1 %	2 %	2 %
Tuvenelva	4 %	5 %	7 %
Kobbedalselva	1 %	0 %	0 %
Storelva			
Nøssvassdraget	0 %	0 %	0 %
Melaelva	0 %	0 %	0 %
Steinvasselva	0 %	0 %	0 %
Skogvollelva	0 %	0 %	0 %
Stavaelva	0 %	0 %	0 %
Elv fra Storstvatnet			
Bleikvassdraget	0 %	0 %	0 %
Tofteelva	0 %	0 %	0 %



## Produksjonsområde 10: Andøya til Senja



### Område 10: Andøya til Senja 2015

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Lakselta			
Gullesfjord	7 %	10 %	14 %
Storelva	1 %	0 %	0 %
Lakselta	0 %	0 %	0 %
Langvasselva	10 %	16 %	21 %
Ramsåa	0 %	0 %	0 %
Åseelta	1 %	0 %	0 %
Roksdal	1 %	0 %	0 %
Renså	1 %	2 %	5 %
Spanselta	1 %	1 %	3 %
Røyrbakkelta			
Løksebotnelva	1 %	2 %	3 %
Salang	2 %	2 %	3 %
Brøstadelva	1 %	3 %	5 %
Skøelv	1 %	2 %	2 %
Lysbotn	1 %	0 %	0 %

Grasmyr	1 %	0 %	0 %
Tennelv	1 %	0 %	2 %
Vardnesvassdraget			
totalt	1 %	1 %	3 %
Ånder	1 %	0 %	2 %
Laukhelle	1 %	0 %	0 %
Bunkelva	1 %	0 %	4 %
Rossfjord	1 %	0 %	0 %
Lakselv Aurs	1 %	0 %	0 %
Målselv	1 %	0 %	0 % *
Straumselva	1 %	0 %	0 %

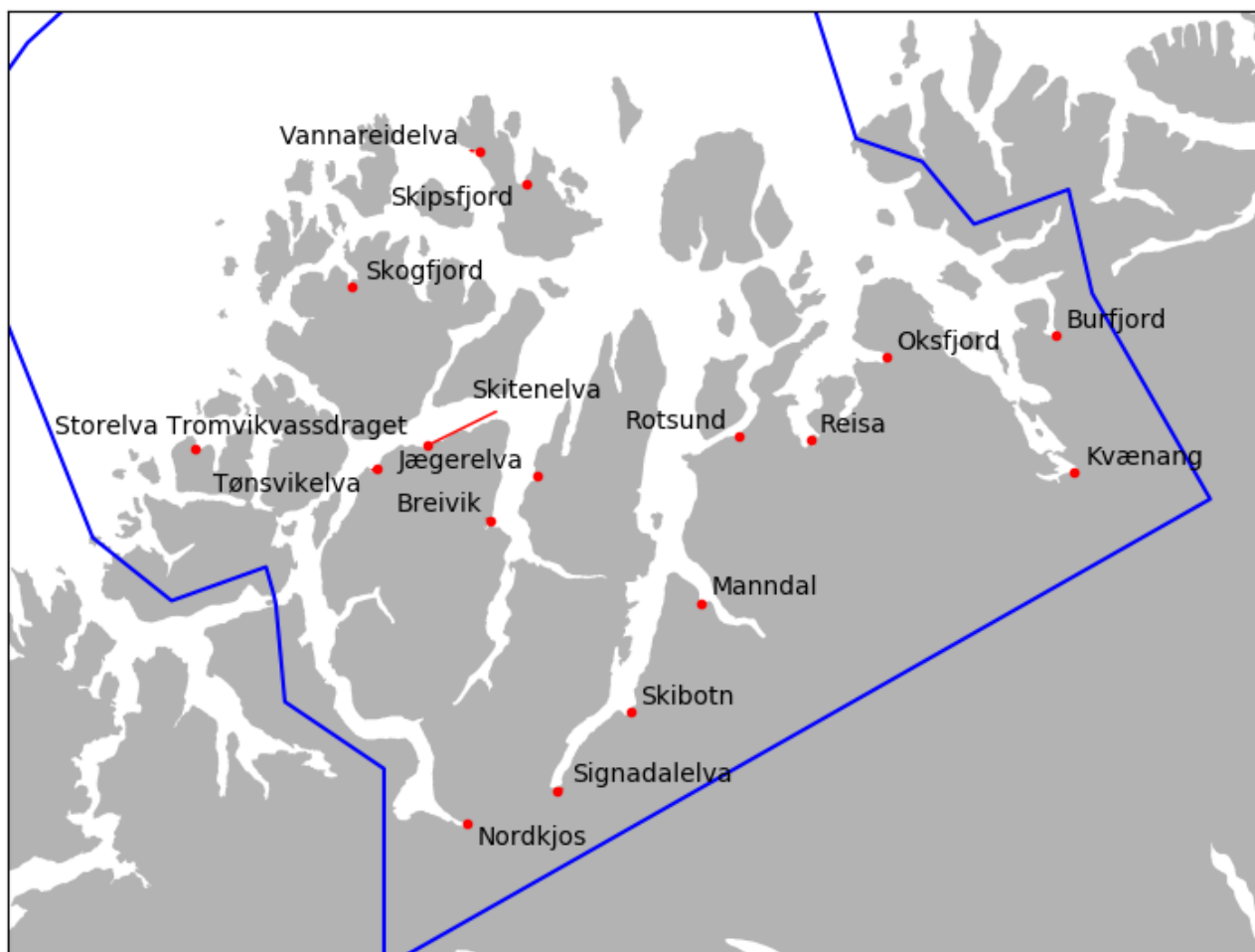
\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandringsperioden

#### Område 10: Andøya til Senja 2016

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Lakselva			
Gullesfjord	2 %	4 %	8 %
Storelva	1 %	0 %	0 %
Lakselva	1 %	0 %	0 %
Langvasselva	1 %	3 %	9 %
Ramsåa	1 %	0 %	0 %
Åselva	0 %	0 %	0 %
Roksdal	1 %	0 %	0 %
Renså	5 %	7 %	12 %
Spanselva	6 %	10 %	12 %
Røyrbakkelva			
Løksebotnelva	4 %	6 %	6 %
Salang	5 %	6 %	7 %
Brøstadelva	16 %	19 %	20 %
Skøelv	14 %	13 %	17 %
Lysbotn	1 %	0 %	0 %
Grasmyr	2 %	2 %	2 %
Tennelv	24 %	26 %	21 %
Vardnesvassdraget			
totalt	22 %	24 %	21 %
Ånder	14 %	15 %	13 %
Laukhelle	12 %	12 %	14 %
Bunkelva	2 %	1 %	2 %
Rossfjord	1 %	0 %	0 %
Lakselv Aurs	1 %	0 %	0 %
Målselv	0 %	0 %	0 % *
Straumselva	1 %	0 %	0 %

\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandringsperioden

## Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa



### Område 11: Kvaløya til Loppa 2015

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Storelva			
Tromvikvassdraget	0 %	0 %	0 %
Nordkjøs	1 %	0 %	0 %
Tønsvikelva	0 %	0 %	0 %
Skitenelva	0 %	0 %	0 %
Skogfjord	0 %	0 %	0 %
Skipsfjord	0 %	0 %	0 %
Vannareidelva	0 %	0 %	0 %
Breivik	1 %	0 %	0 %
Jægerelva	0 %	0 %	0 %
Signadalelva	1 %	0 %	0 %
Skibotn	1 %	0 %	0 %
Manndal	0 %	0 %	0 %
Rotsund	1 %	0 %	0 %
Oksfjord	0 %	0 %	0 %
Reisa	1 %	0 %	0 % *
Kvænanng	1 %	0 %	0 %
Burfjord	1 %	0 %	0 %

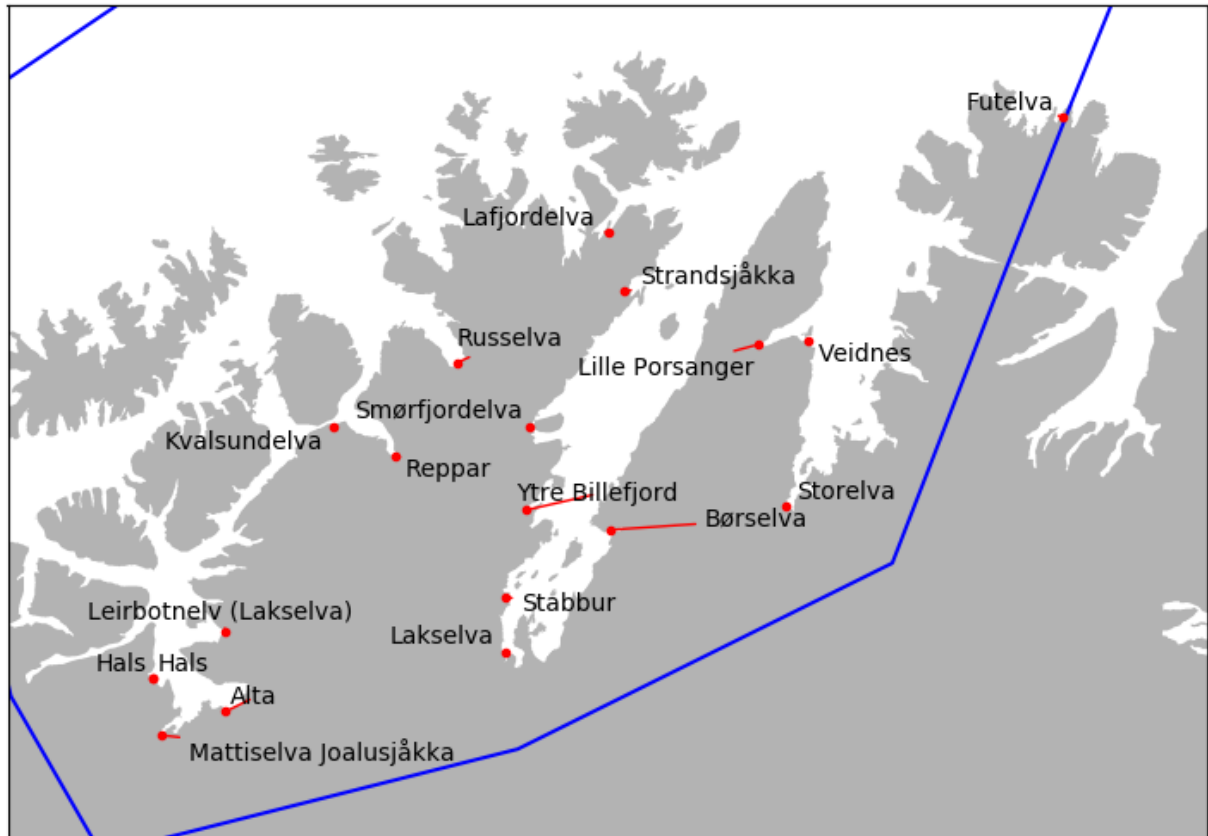
\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandningsperioden

**Område 11: Kvaløya - Loppa 2016**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Storelva			
Tromvikvassdraget	0 %	0 %	0 %
Nordkjos	1 %	0 %	0 %
Tønsvikelva	1 %	0 %	0 %
Skitenelva	1 %	0 %	1 %
Skogfjord	1 %	0 %	0 %
Skipsfjord	0 %	0 %	0 %
Vannareidelva	0 %	0 %	0 %
Breivik	1 %	0 %	0 %
Jægerelva	1 %	0 %	0 %
Signadalelva	1 %	0 %	0 %
Skibotn	1 %	0 %	0 %
Mannal	1 %	0 %	0 %
Rotsund	1 %	0 %	0 %
Oksfjord	1 %	0 %	0 %
Reisa	1 %	0 %	0 % *
Kvæng	1 %	0 %	0 %
Burfjord	1 %	0 %	0 %

\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandningsperioden

## Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark



### Område 12: Vest-Finnmark 2015

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Hals	1 %	0 %	0% *
Mattiselva			
Joalusjåkka	1 %	0 %	0% *
Alta	1 %	0% *	0% *
Leirbotnelv (Lakselva)	1 %	0 %	0% *
Kvalsundelva	1 %	0 %	0% *
Reppar	1 %	0 %	0% *
Russelva	0 %	0 %	0% *
Lafjordelva	0 %	0 %	0% *
Strandsjåkka	0 %	0 %	0% *
Smørfjordelva	0 %	0 %	0% *
Ytre Billefjord	0 %	0 %	0% *
Stabbur	0 %	0% *	0% *
Lakselva	0 %	0% *	0% *
Børselva	0 %	0% *	0% *
Lille Porsanger	0 %	0 %	0% *
Veidnes	0 %	0 %	0% *
Storelva	0 %	0% *	0% *
Futelva	0 %	0 %	0% *

\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandningsperioden

**Område 12: Vest-Finnmark 2016**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Hals	1 %	0 %	0 % *
Mattiselva			
Joalusjåkka	1 %	0 %	0 % *
Alta	1 %	0 % *	0 % *
Leirbotnelv (Lakselva)	1 %	0 %	0 % *
Kvalsundelva	1 %	0 %	0 % *
Reppar	5 %	6 %	6 % *
Russelva	1 %	0 %	0 % *
Lafjordelva	0 %	0 %	0 % *
Strandsjåkka	0 %	0 %	0 % *
Smørfjordelva	1 %	0 %	0 % *
Ytre Billefjord	0 %	0 %	0 % *
Stabbur	0 %	0 % *	0 % *
Lakselva	0 %	0 % *	0 % *
Børselva	0 %	0 % *	0 % *
Lille Porsanger	0 %	0 %	0 % *
Veidnes	0 %	0 %	0 % *
Storelva	0 %	0 % *	0 % *
Futelva	0 %	0 %	0 % *

\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandringsperioden

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark



**Område 13: Øst-Finnmark 2015**

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Sandfjord	0 %	0 % *	0 % *
Risfjord	0 %	0 % *	0 % *
Laggo	1 %	0 % *	0 % *
Tana	0 %	0 % *	0 % *
Kongsfjord	0 %	0 % *	0 % *
Syltefjord	0 %	0 % *	0 % *
Skallelva	0 %	0 % *	0 % *
Komag	0 %	0 % *	0 % *
V Jakob	0 %	0 % *	0 % *
Vesterelva	0 %	0 % *	0 % *
Bergebyelva	0 %	0 % *	0 % *
Klokker	0 %	0 % *	0 % *
Munk	0 %	0 % *	0 % *
Neiden	0 %	0 % *	0 % *

Sandneselva	0 %	0% *	0% *
Pasvikelva	0 %	0% *	0% *
Karp	0 %	0% *	0% *
G Jakob	0 %	0% *	0% *

\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandringsperioden

### Område 13: Øst-Finnmark 2016

Navn	Tidlig utvandring	Normal utvandring	Sen utvandring
Sandfjord	0 %	0 % *	0 % *
Risfjord	0 %	0 % *	0 % *
Laggo	1 %	0 % *	0 % *
Tana	0 %	0 % *	0 % *
Kongsfjord	0 %	0 % *	0 % *
Syltefjord	0 %	0 % *	0 % *
Skallelva	0 %	0 % *	0 % *
Komag	0 %	0 % *	0 % *
V Jakob	1 %	0 % *	0 % *
Vesterelva	1 %	0 % *	0 % *
Bergebyelva	1 %	0 % *	0 % *
Klokker	0 %	0 % *	0 % *
Munk	0 %	0 % *	0 % *
Neiden	0 %	0 % *	0 % *
Sandneselva	0 %	0 % *	0 % *
Pasvikelva	0 %	0 % *	0 % *
Karp	0 %	0 % *	0 % *
G Jakob	0 %	0 % *	0 % *

\* Simuleringen omfatter ikke all fisk, da lusemodellen ble kjørt til 31.Juli og ikke ut hele utvandringsperioden



## Vedlegg I: Elveposisjoner og utvandringstider

Posisjon for lakseelver og estimert utvandringstidspunkt (gitt som start-dato, dato for 25 og 50 % utvandring, samt siste dato for utvandring).

### Område 1: Svenskegrensen til Jæren 2016

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
001.1Z	Enningdal	58,983	11,476	14451	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
002.Z	Glomma	59,182	10,955	30624	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
004.Z	Hølenelva	59,528	10,688	1339	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
005.3Z	Årungelva	59,723	10,729	877	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
005.4Z	Gjersjøelva	59,831	10,766	627	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
006.Z	Nordmarkvassdraget	59,906	10,755	1176	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
007.Z	Lysakerelva	59,913	10,644	1696	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
008.Z	Sandvik	59,888	10,531	11999	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
009.Z	Åros	59,706	10,522	8954	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
011.Z	Lier	59,750	10,284	17908	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
012.Z	Drammen	59,738	10,239	157869	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
013.Z	Sandevassdraget	59,573	10,245	6206	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
014.Z	Aulivassdraget	59,281	10,290	16035	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
015.Z	Numedal	59,039	10,056	463559	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
016.4Z	Herre	59,108	9,566	3016	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
016.Z	Skien	59,124	9,611	67245	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
018.3Z	Gjerstadvassdraget	58,763	9,079	2706	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
018.Z	Vegår	58,686	9,073	25397	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
019.Z	Nidelva	58,448	8,749	68469	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
020.Z	Tovdal	58,197	8,076	161864	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
021.Z	Otra	58,147	8,013	101834	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
022.1Z	Søgne	58,084	7,831	24317	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
022.Z	Mandal	58,022	7,457	224243	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
023.Z	Audna	58,054	7,281	52635	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
024.Z	Lygna	58,144	7,037	82172	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
025.3Z	Fedaelva	58,264	6,819	3171	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
025.Z	Kvina	58,276	6,890	81563	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
026.4Z	Sokndal	58,324	6,286	37454	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
026.Z	Sira	58,290	6,427	7085	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
027.3Z	Hellelandselva	58,451	5,991	5362	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
027.6Z	Ogna	58,518	5,792	80875	26. Apr	6. Mai	16. Mai	5. Jun
027.7Z	Fuglestad	58,538	5,730	24691	16. Apr	26. Apr	6. Mai	26. Mai
027.Z	Bjerkreim	58,479	5,996	275552	16. Apr	26. Apr	6. Mai	26. Mai
028.1Z	Kvassheim	58,549	5,682	4275	16. Apr	26. Apr	6. Mai	26. Mai
028.21Z	S. Varhaug	58,610	5,615	4657	16. Apr	26. Apr	6. Mai	26. Mai
028.22Z	N. Varhaug	58,617	5,608	5295	16. Apr	26. Apr	6. Mai	26. Mai
028.3Z	Håelva	58,670	5,543	100337	16. Apr	26. Apr	6. Mai	26. Mai
028.4Z	Orreåna	58,731	5,517	4831	16. Apr	26. Apr	6. Mai	5. Jun

### Område2: Ryfylke

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
028.Z	Figgjo	58,812	5,548	143295	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
029.1Z	Storåna	58,854	5,744	14700	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
030.2Z	Dirdal	58,840	6,185	19778	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
030.4Z	Espedal	58,862	6,152	41342	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
030.Z	Frafjord	58,846	6,281	15248	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun

031.Z	Lyse	59,054	6,646	10591	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
032.Z	Jørpeland	59,018	6,044	7082	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
033.Z	Årdal	59,145	6,172	32335	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
035.2Z	Hjelmeland	59,239	6,181	3516	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
035.3Z	Vormo	59,273	6,333	10875	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
035.4Z	Førreelva	59,322	6,560	2084	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
035.7Z	Håland	59,349	6,238	4314	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
035.Z	Ulla	59,326	6,432	6453	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
036.Z	Suldals	59,483	6,249	80666	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
037.2Z	Åbøelva	59,649	6,355	1912	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
037.Z	Saudavassdraget	59,649	6,353	6040	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
038.3Z	Rødneelva	59,543	5,870	5351	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
038.Z	Vikedal	59,498	5,896	32016	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun

### Område 3: Karmøy til Sotra

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
041.Z	Etne	59,674	5,932	54991	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
042.3Z	Dalelva-Fjæraelva	59,876	6,382	2030	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
045.2Z	Uskedalselva	59,93	5,854	9657	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
045.4Z	Rosendal	59,985	6,008	5311	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
047.2Z	Jondalselvi	60,278	6,249	2874	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
048.Z	Opo	60,072	6,55	28928	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
050.1Z	Kinso	60,381	6,726	4568	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
050.Z	Eio	60,471	7,070	15479	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
052.1Z	Granvin	60,523	6,714	6779	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
052.7Z	Steinsdal	60,373	6,145	12500	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
055.7Z	Oselva	60,184	5,471	27731	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
055.Z	Tysse	60,376	5,759	14326	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun

### Område 4: Nordhordland til Stadt

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
060.4Z	Lone	60,522	5,503	8874	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
061.2Z	Storelva	60,423	5,464	9686	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
061.Z	Daleelva	60,580	5,772	11310	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
062.Z	Vosso	60,642	5,961	76488	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
063.Z	Ekso	60,730	5,795	7939	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
064.Z	Modalselva	60,817	5,801	21661	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
067.2Z	Haugsdalsvassdraget	60,858	5,512	5021	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
067.3Z	Matrevassdraget	60,875	5,582	5431	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
067.6Z	Frøyset	60,865	5,209	6126	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
	Storelva							
069.31Z	Brekkeelva	61,018	5,459	2733	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
070.Z	Vikja	61,091	6,588	1559	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
071.Z	Nærøydal	60,879	6,841	18596	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
072.2Z	Flåm	60,867	7,119	5220	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
072.Z	Aurland	60,906	7,187	15556	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
073.Z	Lærdal	61,106	7,475	130944	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
075.4Z	Mørkrisvassdrage	61,492	7,600	5367	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
077.3Z	Sogndal	61,230	7,105	4628	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
077.Z	Åroey	61,271	7,169	5197	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
079.Z	Daleelva	61,217	6,074	11003	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
	Hovlandselva							
080.1Z	Indredal	61,210	5,825	2053	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun

080.21Z	Ytredalselva	61,211	5,820	3588	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
080.4Z	Bøelva	61,142	5,347	890	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
082.5Z	Dals	61,366	5,397	5765	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
082.Z	Flekkje	61,300	5,357	11246	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
083.2Z	Kvam	61,378	5,643	8480	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
083.4Z	Rivedalselva	61,363	5,265	1868	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
083.Z	Gaula	61,369	5,678	71140	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
084.7Z	Nausta	61,506	5,715	72403	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
084.Z	Jølstra	61,460	5,832	38453	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
085.Z	Osenelva	61,553	5,399	33984	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
086.8Z	Hopselva	61,742	5,917	3816	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
086.Z	Åelva	61,733	5,918	17661	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
087.1Z	Ryggelva	61,782	6,128	2274	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
087.Z	Gloppen	61,771	6,200	18628	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
088.1Z	Olden	61,837	6,805	5474	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
088.2Z	Loen	61,873	6,848	4604	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
088.Z	Stryn	61,903	6,717	48501	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
089.4Z	Hjalma	61,917	5,854	5264	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
089.Z	Eidselva	61,904	5,986	33191	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
091.3Z	Ervikelva	62,166	5,111	5351	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun

#### Område 5: Stadt til Hustadvika

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
102.2Z	Storelva	62.559	6.612	979	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
102.5Z	Skorgelva	62.576	7.125	4844	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
102.6Z	Tressa	62.527	7.136	8358	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
103.1Z	Måna	62.540	7.439	11580	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
103.2Z	Innfjordselva	62.499	7.556	8763	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
103.4Z	Isavassdraget	62.574	7.785	18069	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
103.Z	Rauma	62.561	7.669	105885	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
104.1Z	Mittetelva	62.703	7.692	1297	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
104.2Z	Visa	62.725	7.928	6170	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
104.Z	Eira	62.687	8.132	25379	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
105.1Z	Røa	62.723	7.419	7480	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
105.3Z	Olteråa	62.797	7.672	1209	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
105.4Z	Oppdølselva	62.782	7.508	8417	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
105.Z	Oselva	62.795	7.721	29748	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
107.3Z	Sylte	62.835	7.205	13540	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
107.6Z	Hustad	62,960	7,101	14841	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
092.Z	Åheim	62,036	5,531	15608	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
093.2Z	Oselva	62,089	5,728	5770	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
093.3Z	Norrdalselva	62,098	5,748	1076	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
094.4Z	Austefjord	62,065	6,317	7771	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
094.Z	Stigedalselva	62,068	6,071	4026	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
095.3Z	Storelva	62,303	6,082	10805	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
095.41Z	Storelva	62,328	6,144	4849	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
095.4Z	Barstadvik	62,364	6,275	5503	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
095.Z	Ørsta	62,197	6,127	45123	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
096.1Z	Hareid	62,368	6,042	12940	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
096.41Z	Vågselva	62,219	5,650	859	24. Apr	4. Mai	14. Mai	3. Jun
097.1Z	Bondal	62,208	6,479	18566	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
097.2Z	Vikelva	62,105	6,549	5391	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
097.4Z	Norangdal	62,192	6,655	4051	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
097.72Z	Aureelva	62,397	6,583	10304	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
097.7Z	Velledal	62,336	6,592	15440	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
098.3Z	Stranda	62,309	6,951	10942	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun

098.6Z	Korsbrekk	62,083	6,878	5136	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
099.1Z	Eidsdalselva	62,263	7,178	5486	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
099.2Z	Norrdalsvassdraget	62,256	7,233	2755	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
099.Z	Tafjordvassdraget	62,236	7,418	1183	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
100.2Z	Stordalselva	62,379	6,980	23096	8. Mai	18. Mai	28. Mai	17. Jun
100.3Z	Vagsvikelva	62,452	6,893	798	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
100.Z	Valldal	62,299	7,260	25775	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
101.1Z	Ørskog	62,481	6,812	3158	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
101.2Z	Solnør	62,487	6,724	4083	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
101.6Z	Tennfjord	62,534	6,585	11037	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun
102.11Z	Hildre	62,613	6,347	638	1. Mai	11. Mai	21. Mai	10. Jun

## Område 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
108.221Z	Vasskordelva	62,903	7,448	988	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
108.2Z	Vågsbø	62,902	7,432	11439	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
108.3Z	Batnfjordelva	62,900	7,678	29179	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
109.4Z	Usma	62,722	8,421	12355	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
109.5Z	Litledalselva	62,673	8,526	8414	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
109.Z	Driva	62,678	8,550	123282	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
111.4Z	Viddalselva	62,857	8,301	1235	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
111.7Z	Søya	62,891	8,536	28814	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
111.Z	Toåa	62,822	8,699	14825	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
112.3Z	Bøvra	63,022	8,592	37369	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
112.Z	Surna	62,974	8,648	168293	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
113.5Z	Staursetbekken	63,195	8,868	1075	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
113.6Z	Todalselva	63,200	8,689	5711	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
113.Z	Fjelna	63,206	8,985	3758	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
116.Z	Åelva	63,409	9,000	15173	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
117.1Z	Lakselva totalt	63,583	8,969	1550	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
117.23Z	Kvernavassdraget totalt	63,431	8,500	674	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
117.3Z	Sagelva	63,518	8,400	1794	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
	Grytelvassdraget							
117.4Z	totalt	63,553	8,562	4858	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.11Z	Haugelva	63,299	9,087	2010	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.1Z	Søa	63,294	9,089	5951	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.2Z	Hagaelva	63,310	9,125	803	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.3Z	Hollaelva	63,321	9,154	3009	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.42Z	Snilldalselva	63,399	9,503	3941	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.4Z	Bergselva	63,399	9,500	1249	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
	Slørdalselva							
119.61Z	Totalt	63,467	9,495	2290	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
119.9Z	Fremstadelva	63,622	9,641	1017	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
120.1Z	Størdalselva	63,563	9,789	1089	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
120.2Z	Lena	63,517	9,806	621	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
121.1Z	Skjenaldelva	63,319	9,830	13746	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
121.Z	Orkla	63,318	9,850	493577	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
122.1Z	Børsa	63,327	10,078	4768	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
122.2Z	Vigda	63,314	10,183	10753	23. Apr	3. Mai	13. Mai	2. Jun
122.Z	Gaula	63,346	10,219	636389	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
123.4Z	Homla	63,416	10,806	8700	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
123.Z	Nidelva	63,445	10,416	87087	30. Apr	10. Mai	18. Mai	9. Jun
124.Z	Stjørdal	63,452	10,895	156902	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
126.6Z	Levanger	63,751	11,300	16460	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
127.Z	Verdal	63,806	11,463	122287	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
128.3Z	Figga	64,007	11,493	23538	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun

128.Z	Steinkjer	64,009	11,479	53074	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
129.2Z	Mollelva	64,112	11,383	9933	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
129.Z	Follavassdraget	63,985	11,106	517	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
130.32Z	Tangstadelva	63,804	10,585	1289	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
131.1Z	Mossa	63,822	11,016	4694	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
131.9Z	Prestelva	63,496	10,017	2061	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
132.1Z	Flyta	63,584	9,925	2047	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
132.2Z	Hasselvassdraget	63,646	9,858	1718	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
132.Z	Skauga	63,595	9,922	39320	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
133.2Z	Osaelva	63,754	10,127	4333	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
133.3Z	Nordelva	63,785	10,125	19176	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
134.2Z	Brekkelva	63,765	9,807	835	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
134.Z	Teksdal	63,858	9,884	1634	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
135.1Z	Olden	63,877	9,932	5903	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
135.42Z	Imselva	64,003	10,228	473	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
135.43Z	Grytelvassdraget	63,999	10,208	536	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
135.Z	Stordalselva	63,957	10,218	103052	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
135.Zb	Norddalselva	63,957	10,218	27814	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
136.31Z	Håvikelva	64,072	10,191	632	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
136.3Z	Nordskjørelva	64,117	10,258	1157	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
	Storelva (Straumselva)							
136.52Z	totalt	64,178	10,370	1595	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
137.2Z	Steinsdal	64,299	10,486	40253	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun

## Område 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
137.4Z	Skjellåa	64,382	10,778	4860	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
137.5Z	Storelva Jøssund	64,370	10,817	2893	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
137.72Z	Sitterelva	64,533	10,978	334	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
138.3Z	Oksdøla	64,429	11,198	8978	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
138.5Z	Aursunda	64,367	11,390	11380	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
138.6Z	Bogna	64,390	11,394	30276	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
138.Z	Årgård	64,316	11,223	122426	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
139.Z	Namsen	64,464	11,526	622111	14. Mai	24. Mai	3. Jun	23. Jun
140.3Z	Vettruselva	64,582	11,712	1234	23. Apr	3. Mai	11. Mai	2. Jun
140.Z	Salvassdraget	64,693	11,438	26580	28. Mai	7. Jun	15. Jun	7. Jul
141.4Z	Kvistelva	64,867	11,806	2956	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
142.3Z	Kongsmo	64,882	12,447	20444	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
142.6Z	Sjølstadelva	64,973	12,058	456	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
	Nordmarkselva							
142.71Z	Åforelva	64,951	11,955	752	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
143.532Z	Horvelva	64,910	11,693	5055	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
143.7Z	Storelva	64,984	11,766	1522	30. Apr	10. Mai	20. Mai	9. Jun
144.4Z	Terråkelva	65,089	12,383	1849	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
144.5Z	Urvollelva	65,136	12,588	2490	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
144.61Z	Bogelva	65,214	12,787	3849	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
144.7Z	StorelvTosb	65,335	12,951	1267	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
144.Z	Åbjoera	65,083	12,457	26283	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun
145.2Z	Eide	65,251	12,441	4270	7. Mai	17. Mai	27. Mai	16. Jun

## Område 8: Helgeland til Bodø

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
147.3Z	Fersetelva	65,656	11,999	4424	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
148.2Z	Saus	65,395	12,516	20663	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
148.Z	Lomselva	65,462	12,773	6080	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
149.2Z	Lakselva	65,632	12,753	8445	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
149.61Z	Hestdalselva	65,845	12,694	2215	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
149.6Z	Halsaelva	65,848	12,693	3667	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
149.8Z	Storelva	65,930	12,718	805	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
151.1Z	Hundåla	65,929	12,951	3599	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
151.Z	Vefsna	65,844	13,185	128012	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
152.2Z	Drevja	65,945	13,131	11571	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
152.Z	Fusta	65,904	13,167	25639	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
153.22Z	Leirelva Stillelva	66,078	13,054	3466	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
153.3Z	Ranelva	66,079	13,045	1146	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
153.6Z	Bardalselva Bjerka til	66,217	13,384	3863	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
155.4Z	Stupfossen	66,157	13,838	4171	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
155.Z	Røssåga	66,162	13,800	25355	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
156.Z	Rana Florstrandvatn-	66,340	14,141	23035	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
157.42Z	vassdraget	66,337	13,374	1125	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
157.52Z	Elv fra Silavatnet	66,333	13,147	519	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
159.21Z	Gjerval	66,476	13,427	1414	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
160.41Z	Spilder	66,861	13,737	4430	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
160.43Z	Reipåga Elv fra	66,910	13,632	2092	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
160.71Z	Laksådalsvatnet	66,950	13,909	697	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
161.Z	Beiar	67,044	14,595	24708	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
162.1Z	Valnesfossen	67,183	14,459	457	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
162.7Z	Lakselva	67,123	15,005	2840	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
163.Z	Saltdal	67,109	15,424	34583	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul
164.3Z	LakselvValn Sulitjelma-	67,299	15,172	8210	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
164.Z	vassdraget	67,249	15,430	4724	27. Mai	6. Jun	16. Jun	6. Jul

## Område 9: Vestfjorden og Vesterålen

Vassdr.nr.	Navn	Bredde Grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
165.7Z	Fjære Breidelva	67,506	14,717	2066	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
165.2Z	Futelva	67,287	14,594	2420	20. Mai	30. Mai	9. Jun	29. Jun
	Lakselva (Valjord)	67,362	15,582	2710	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
166.3Z	Laksåga	67,436	15,695	5593	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
167.3Z	Bonnåga	67,574	15,735	5786	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
167.Z	Kobbelv	67,594	15,882	6447	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
168.6Z	Hop	67,788	15,612	4133	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
169.5Z	Skjelvereidelva	67,852	15,178	1965	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
170.3Z	Storvasselva	67,979	15,975	1107	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
170.5Z	Varpa	68,025	15,957	6638	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
171.1Z	Forsåelva	68,157	16,129	1781	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
171.2Z	Heiddejåkka	67,893	16,215	566	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
171.8Z	Austerdalselva	68,088	16,738	1495	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
171.Z	Hellemovassdraget	67,818	16,516	2624	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
172.Z	Forså	68,276	16,627	8926	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
173.1Z	Kjeldelva	68,422	16,625	10028	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
173.3Z	Råna	68,358	17,012	2507	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
173.Z	Skjoma	68,253	17,389	15070	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
174.3Z	Rombakselva	68,417	17,899	1650	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
174.5Z	Elvegård	68,548	17,564	4739	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
175.3Z	Laksåga	68,502	16,925	1367	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
175.4Z	Tårstad	68,475	16,649	8596	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
	Storelva	68,424	16,366	1097	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
176.2Z	Myklebostadvassdraget							
177.6Z	Kongsvikelva	68,565	16,241	3298	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
177.73Z	Sneis	68,405	15,741	2810	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
177.7Z	Heggedal	68,520	15,873	2617	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
177.81Z	Teinelva	68,356	15,515	925	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.3Z	Kaljordelva	68,529	15,267	490	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.43Z	Bløkkelva	68,601	15,383	269	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.51Z	Kjerringnes	68,658	15,486	7742	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.52Z	Osvoll	68,678	15,477	5648	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.54Z	Sjørdalselva	68,695	15,723	4011	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.62Z	Rogsøy	68,805	15,547	1614	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.63Z	Forfjord	68,819	15,682	3563	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.6Z	Gårdselva	68,832	15,655	8891	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.7Z	Buksnes	68,887	15,638	17448	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
179.332Z	Lakselva	68,323	14,653	1845	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
179.73Z	Grunnførfjordelva	68,384	14,585	358	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
180.11Z	Heloselva	68,262	14,014	330	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
180.4Z	Elv fra Farstadvatnet	68,184	13,608	3788	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
180.6Z	Borgelva	68,278	13,736	1164	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.1Z	Alsvåg	68,918	15,238	7338	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.2Z	Vikelva	68,758	15,255	451	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.3Z	Gryttingselva	68,613	15,132	1716	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.43Z	Trollvasselva	68,678	15,068	638	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.441Z	Lahaugelva	68,701	15,178	1773	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.44Z	Oshaugelva	68,697	15,174	1462	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.4Z	Holmstadelva	68,721	15,156	3547	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.52Z	Slåtteeelva	68,761	15,084	1250	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.7Z	Ryggedalselva	68,754	14,729	495	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
185.9Z	Tuvenelva	68,815	15,158	856	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul



186.3Z	Kobbedalselva Storelva	69,006	15,547	2320	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.42Z	Nøssvassdraget	69,081	15,566	751	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.51Z	Melaelva	69,136	15,673	1420	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.52Z	Steinvasselva	69,139	15,724	875	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.53Z	Skogvollrelva	69,180	15,819	1570	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.61Z	Stavaelva Elv fra Storvatnet	69,197	15,839	1656	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.62Z	Bleikvassdraget	69,271	15,934	386	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.63Z	Tofteelva	69,301	16,046	1288	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul

### Område 10: Andøya til Senja

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
	Lakselva	68,531	15,748	2395	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
177.1Z	Gullesfjord							
178.74Z	Storelva	68,956	15,794	3089	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.8Z	Lakselva	68,738	15,769	1294	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
178.9Z	Langvasselva	68,618	15,767	672	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.1Z	Ramsåa	69,175	16,095	2313	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.22Z	Åseelva	69,014	15,773	4750	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
186.2Z	Roksdal	69,052	15,871	33099	22. Mai	1. Jun	11. Jun	1. Jul
189.3Z	Renså	68,696	16,923	6060	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
190.7Z	Spanselva	68,757	17,804	7329	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
	Røyrbakkrelva							
191.4Z	Løksebotnelva	68,936	17,719	1870	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
191.Z	Salang	68,868	17,853	53013	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
193.3Z	Brøstadelva	69,089	17,697	2594	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
193.Z	Skøelv	69,136	18,059	11206	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
194.3Z	Lysbotn	69,423	17,948	10231	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
194.4Z	Grasmyr	69,304	17,898	8039	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
194.5Z	Tennelv	69,179	17,533	7080	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
	Vardnesvassdraget							
194.61Z	totalt	69,211	17,500	1520	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
194.6Z	Ånder	69,168	17,416	10414	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
194.Z	Laukhelle	69,230	17,860	27536	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
195.1Z	Bunkelva	69,143	17,086	629	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
196.2Z	Rossfjord	69,365	18,315	2871	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
196.5Z	Lakselv Aurs	69,282	18,718	2349	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
196.Z	Målselev	69,275	18,513	124398	10. Jun	20. Jun	1. Jul	20. Jul
197.4Z	Straumselva	69,577	18,630	3263	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul

## Område 11: Kvaløya til Loppa

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
197.63Z	Storelva			993	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
	Tromvikvassdraget	69,775	18,402					
198.Z	Nordkjøs	69,218	19,548	6009	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
199.2Z	Tønsvikelva	69,744	19,17	4135	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
199.3Z	Skitenelva	69,779	19,387	1444	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
200.6Z	Skogfjord	70,009	19,066	1566	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
202.11Z	Skipsfjord	70,159	19,801	2336	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
202.3Z	Vannareidelva	70,204	19,601	814	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
203.2Z	Brevik	69,669	19,651	3785	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
203.8Z	Jægerelva	69,733	19,849	1057	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
204.Z	Signadalelva	69,268	19,929	8549	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
205.Z	Skibotn	69,385	20,244	30688	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
206.1Z	Mannadal	69,547	20,542	2388	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
206.5Z	Rotsund	69,792	20,701	1670	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
208.4Z	Oksfjord	69,907	21,326	3956	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
208.Z	Reisa	69,786	21,011	58249	10. Jun	20. Jun	1. Jul	20. Jul
209.Z	Kvænanng	69,739	22,123	7482	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
210.Z	Burfjord	69,939	22,046	6125	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul

## Område 12: Vest-Finnmark

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
212.2Z	Hals	70,034	22,981	2887	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
212.4Z	Mattiselva	69,926	23,036	5999	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
	Joalusjaakka							
212.Z	Alta	69,971	23,386	351770	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
213.1Z	Leirbotnelv (Lakselva)	70,121	23,388	3690	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
213.6Z	Kvalsundelva	70,504	23,985	2938	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
213.Z	Reppar	70,449	24,328	47865	10. Jun	20. Jun	1. Jul	20. Jul
218.Z	Russelva	70,620	24,662	3495	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
220.8Z	Lafjordelva	70,857	25,505	1145	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
222.2Z	Strandsjåkka	70,751	25,592	281	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
222.4Z	Smørfjordelva	70,502	25,061	1136	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
222.7Z	Ytre Billefjord	70,349	25,051	8758	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
223.Z	Stabbur	70,186	24,937	25775	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
224.Z	Lakselva	70,084	24,928	59578	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
225.Z	Børselva	70,312	25,513	43847	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
227.5Z	Lille Porsanger	70,654	26,332	1659	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
227.6Z	Veidnes	70,661	26,605	5774	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
228.Z	Storelva	70,357	26,486	19794	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
231.64Z	Futelva	71,066	28,010	1099	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul
212.2Z	Hals	70,034	22,981	2887	3. Jun	13. Jun	23. Jun	13. Jul

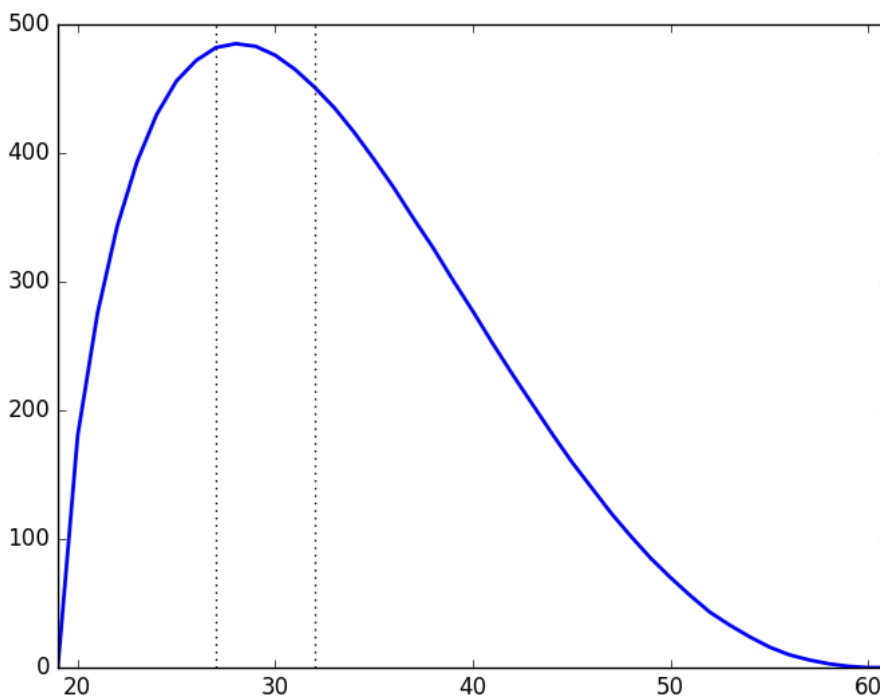
### Område 13: Øst-Finnmark

Vassdr.nr.	Navn	Bredde grad	Lengde Grad	Antall smolt	Start	25 %	50 %	Slutt
231.7Z	Sandfjord	71,051	28,061	6795	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
					17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
231.8Z	Risfjord	70,980	28,174	3254				
233.Z	Laggo	70,624	27,644	34165	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
234.Z	Tana	70,499	28,400	875394	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
236.Z	Kongsfjord	70,657	29,260	15979	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
237.Z	Syltefjord	70,536	30,022	19662	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
239.3Z	Skallelva	70,187	30,342	8265	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
239.Z	Komag	70,242	30,525	34308	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
240.Z	V Jakob	70,108	29,328	30608	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
241.5Z	Vesterelva	70,161	28,582	4482	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
241.Z	Bergebyelva	70,148	28,901	7321	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
243.Z	Klokke	69,859	29,389	2281	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
244.4Z	Munk	69,650	29,461	3174	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
244.Z	Neiden	69,701	29,419	47164	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
246.1Z	Sandneselva	69,667	29,928	3132	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
246.Z	Pasvikelva	69,682	30,113	1374	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
247.3Z	Karp	69,669	30,388	3302	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul
247.Z	G Jakob	69,777	30,842	1099	17. Jun	27. Jun	7. Jul	27. Jul

## Vedlegg II: Beta-fordeling

Utvandring av postsmolt fra elvene er modellert med en beta-fordeling (Bolstad, 2007). Dette er en kontinuerlig fordeling som går til null i endepunktene. Den avhenger av to parametre  $a$  og  $b$  som gir frihet til å tilpasse fordelingen. Mellom startpunkt  $t_0$  og endepunkt  $t_1$  er fordeling matematisk beskrevet som  $(t-t_0)^{a-1}(t_1-t)^{b-1}$ , dividert med en normaliseringskonstant. Denne konstanten beregnes ved beta-funksjonen, som dermed gir navn til fordelingen.

Utvandringen av postsmolt er vanligvis asymmetrisk i tid. Den når raskt en topp og har en lengre hale med lav utvandring mot slutten. Beta-fordelingen har slik form for  $1 < a < b$ , med maksimum for  $t = ((a-1)t_1 + (b-1)t_0) / (a + b - 2)$ . Parametrene  $a$  og  $b$  beregnes fra 25-prosentilen og medianen (=50 prosentilen) ved en iterativ algoritme av John D. Cook. Figur 7 viser hvordan en Beta-fordeling kan se ut. Betafordeling her har 25 prosentil = 27 og median = 32. Parameterne er her tilnærmet  $a = 1,70$  og  $b = 3,56$ . Prosentilene er inntegnet som vertikale prikkede linjer.



**Figur 7:** Beta-fordeling med 25% prosentil = 27 og median = 32. Parametrene er her tilnærmet  $a = 1,70$  og  $b = 3,56$ . Prosentilene er inntegnet som vertikale prikkede linjer.

Referanse:

W.M. Bolstad, 2007, Introduction to Bayesian Statistics, 2nd Edition,  
John Wiley and Sons, Hoboken

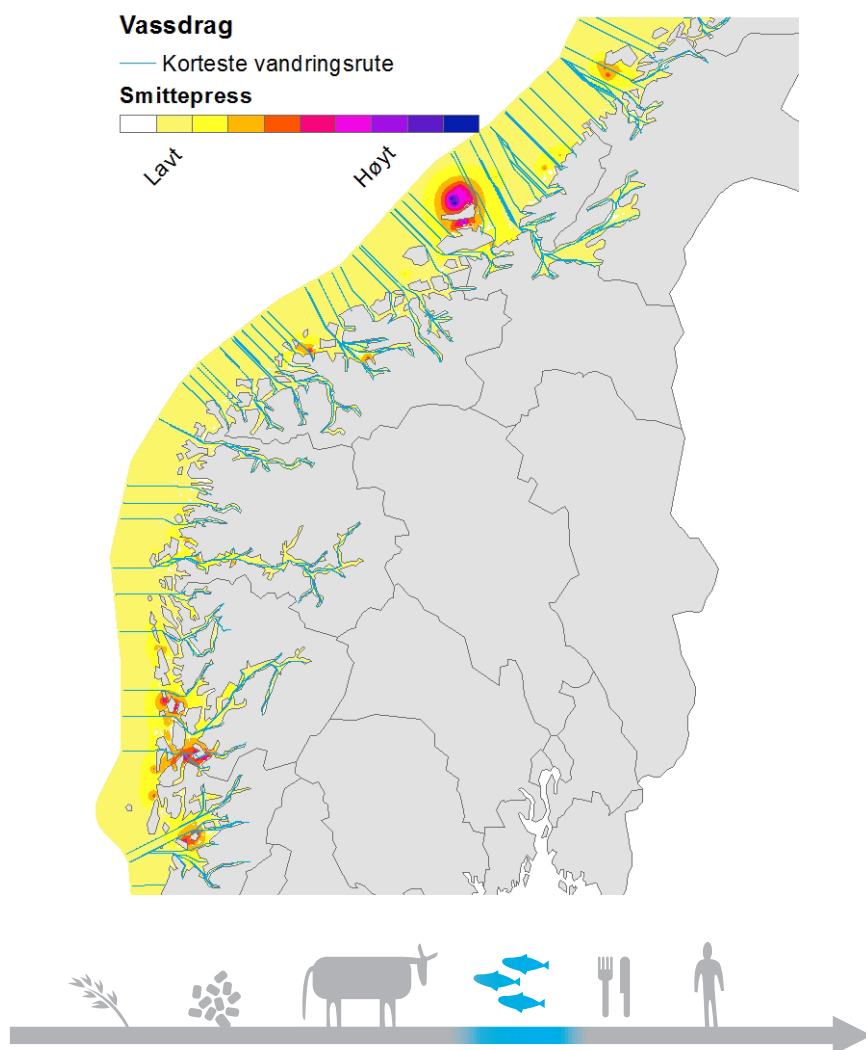
J.D. Cook, Finding probability distribution parameters from p.

<http://www.codeproject.com/Articles/56371/Finding-Probability-Distribution-Parameters-from-P>

## Referanser:

- Davidson J, Rikardsen A, Halttunen E, Thorstad E, Økland F, Letcher B, Skarðhamar J, Næsje T (2009) Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts: effects of environmental factors. *J Fish Biol* 75:1700-1718
- Finstad B, Økland F, Thorstad E, Bjørn P, McKinley R (2005) Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *J Fish Biol* 66:86-96
- Heuch PA, Doall MH, Yen J (2007) Water flow around a fish mimic attracts a parasitic and deters a planktonic copepod. *Journal of Plankton Research* 29:i3-i16
- Plantalech Manel-la N, Thorstad E, Davidson J, Økland F, Sivertsgård R, McKinley R, Finstad B (2009) Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16:147-154
- Rikardsen A, Haugland M, Bjørn P, Finstad B, Knudsen R, Dempson J, Holst J, Hvidsten N, Holm M (2004) Geographical differences in marine feeding of Atlantic salmon post-smolts in Norwegian fjords. *J Fish Biol* 64:1655-1679
- Stien A, Bjørn PA, Heuch PA, Elston DA (2005) Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progress Series* 290:263-275
- Taranger GL, Karlsen Ø, Bannister RJ, Glover KA, Husa V, Karlsbakk E, Kvamme BO, Boxaspen KK, Bjørn PA, Finstad B (2014) Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*:fsu132
- Thorstad E, Kland F, Finstad B, Sivertsgård R, Bjørn P, McKinley R (2004) Migration speeds and orientation of Atlantic salmon and sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Environ Biol Fish* 71:305-311
- Wagner GN, Fast MD, Johnson SC (2008) Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in parasitology* 24:176-183
- Økland F, Thorstad E, Finstad B, Sivertsgård R, Plantalech N, Jepsen N, McKinley R (2006) Swimming speeds and orientation of wild Atlantic salmon post-smolts during the first stage of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 13:271-274

# Produksjon av lakselus i oppdrett, estimert lusepåslag og vurdering av luseindusert dødelighet for villaks innen produksjonsområder for oppdrettslaks



# Produksjon av lakselus i oppdrett, estimert lusepåslag og vurdering av luseindusert dødelighet for villaks innen produksjonsområder for oppdrettslaks

## Innhold / Content

Sammenfatning.....	3
Innledning.....	3
Modellbeskrivelse.....	3
Smittepress.....	4
Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på smolt i bur.....	4
Beregning av lusepåslag og luseindusert dødelighet på utvandrende laksesmolt.....	5
Vurdering av status i produksjonsområdene.....	7
Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren.....	7
Produksjonsområde 2: Ryfylke.....	7
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra.....	8
Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt.....	9
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika.....	10
Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag.....	11
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal.....	12
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø.....	13
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen.....	14
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja.....	15
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa.....	16
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark.....	17
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark.....	18
Diskusjon.....	18
Referanser.....	19
Vedlegg 1.....	20
Vedlegg 2.....	20

### Forfattere

Anja Bråthen Kristoffersen, Lars Qviller,  
Hildegunn Viljugrein, Kari O. Helgesen og Peder  
A. Jansen

### Oppdragsgiver

Nærings- og fiskeridepartementet

ISSN 1890-3290

Design omslag: Reine Linjer  
Kart forside: Smittepresskart og korteste  
vandingsvei for vill laksesmolt

© Veterinærinstituttet 2017 / © Norwegian  
Veterinary Institute 2017

## Sammenfatning

Denne rapporten beskriver et komplett modellsystem for risikovurdering av luseindusert dødelighet av utvandrende vill laksesmolt fra vassdrag innen 13 produksjonsområder for oppdrettslaks langs kysten, der smittepresset av lus som bidrar til lusepåslag har opphav fra oppdrettsfisk. Beregnede lusepåslag og luseindusert dødelighet er gjort for i alt 401 vassdrag, for årene 2014 - 2016, for ulike beregnede utvandringstider og endelig for scenarier med erfaringsbaserte lave, midlere og høye lusepåslag. Modellsystemet er utarbeidet som innspill til Ekspertgruppen som ble nedsatt i februar 2017 med mandat å vurdere lakselusindusert dødelighet på villaks i 13 produksjonsområder. De overordnede resultatene fra risikovurderingen er at sannsynlighetene for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt, slik dette er definert i modellsystemet, generelt avtar i de nordlige produksjonsområdene. Denne sannsynligheten er også minimal for produksjonsområde 1, der det er liten oppdrettsvirksomhet. Videre, var det generelt større sannsynlighet for luseindusert dødelighet i 2016 enn i de tidligere årene. Endelig synes vassdrag med de lengste utvandningsrutene gjennom oppdrettstette områder å ha størst sannsynlighet for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt. Selv om de absolutte modellresultatene med hensyn til lusepåslag og luseindusert dødelighet er beheftet med store usikkerheter, mener vi at modellsystemet er godt egnet til å sammenligne utviklingen av risiko over år og mellom produksjonsområder.

## Innledning

Denne rapporten beskriver Veterinærinstituttets innspill til Ekspertgruppen som ble nedsatt i februar 2017, med mandat å vurdere lakselusindusert dødelighet på villaks i 13 produksjonsområder. Innspillet er basert på et modellsystem for risikovurdering av lusepåslag og luseindusert dødelighet av utvandrende vill laksesmolt fra 401 vassdrag. Hovedelementene som inngår i modellsystemet er 1. data om vassdragene, herunder beregnet potensial for produksjon av smolt og utvandringstider, opparbeidet av NINA (Forseth et al. 2017); 2. lusepåslagsdata fra burforsøk gjennomført i regi av Nasjonalt overvåkingsprogram for lakselus på vill laksefisk (Nilsen et al. 2017); og 3. beregnet smittepress fra oppdrett basert på Veterinærinstituttets avstandsbaserte smittepressmodell (Kristoffersen et al. 2014).

Det har vært et mål ved utviklingen av modellsystemet at alle prosesser som inngår i kjeden av skisserte hendelser, fra smitteproduksjon i oppdrett til smitteindusert dødelighet av vill laksesmolt, i størst mulig grad skal være utledet fra empiriske data. Imidlertid er store deler av den beskrevne hendelseskjeden i modellsystemet beheftet med store usikkerheter og få observasjoner, slik at man må foreta en rekke antakelser om hvordan gitte prosesser foregår. Av kritiske antakelser i dette modellsystemet kan nevnes at forholdet mellom beregnet smittepress og påslag av lus på vill laksesmolt er sammenlignbart med påslag av lus på fisk i burforsøk, ved tilsvarende eksponering mot smittepress. Videre antas at den ville laksesmolten vandrer ut korteste rute fra vassdragsutløp i sjø til hav, med en gitt vandringshastighet og til en kjent tid. Endelig antar vi at et gitt påslag av lus på den ville laksesmolten fører til overdødelighet av smolten med en gitt sannsynlighet og at denne overdødeligheten ikke hadde forekommet dersom lus fra oppdrett ikke hadde smittet smolten.

## Modellbeskrivelse

Modellsystemet omfatter en kjede av hendelser/prosesser som starter med produksjon av lakselusnauplier (larver) i oppdrett. Disse spres så pelagisk rundt i kystnære farvann. Naupliene utvikler seg gjennom to stadier til smittsomme copepoditter i henhold til temperaturavhengige utviklingsrater (Stien et al. 2005). Utvandrende vill laksesmolt utsettes for påslag av disse smittsomme copepodittene under sin vandring fra elveutløpene til oppvekstområdene i havet. Påslaget er lokalt avhengig av luseproduksjonen i området, og påslagsratene kan beregnes gjennom modellering av smittepress. Endelig vil et påslag av en gitt størrelsesorden medføre en overdødelighet blant laksesmolten.



## Smittepress

Veterinærinstituttets deterministiske modell for produksjon og spredning av lakselus (smittepressmodellen) beregner relativ intensitet av lakseluslarver langs kysten på bakgrunn av rapporterte forekomster av kjønnsmodne hunner av lakselus i oppdrettslokaliteter, vanntemperatur og avstand til alle oppdrettsanlegg med hunnlus (Kristoffersen et al. 2014). Modellen brukes til å beregne påslag av lakselus på fisk i oppdrettsanlegg og på forsøksfisk som settes i bur (smoltbur) på gitt sted til gitt tid. Den kan også beregne lusepåslag på villfisk under forutsetning av at man antar hvor fisken oppholder seg til enhver tid.

Ukentlig rapporterte overvåkingsdata fra oppdrettsanlegg brukes til å beregne produksjon av nauplier fra de enkelte lokalitetene. Produksjonsdelen av modellen bruker antall laks på hver oppdrettslokalitet, rapporterte gjennomsnittstall for kjønnsmodne hunnlus og vanntemperaturer, i en populasjonsdynamisk modell for å beregne reproduksjon og overlevelse av neste generasjons lakselus (Stien et al., 2005). Spredningsdelen beregner relativ risiko for infeksjon med neste generasjons lakselus som en funksjon av avstand til oppdrettslokalitetene (Aldrin et al., 2013).

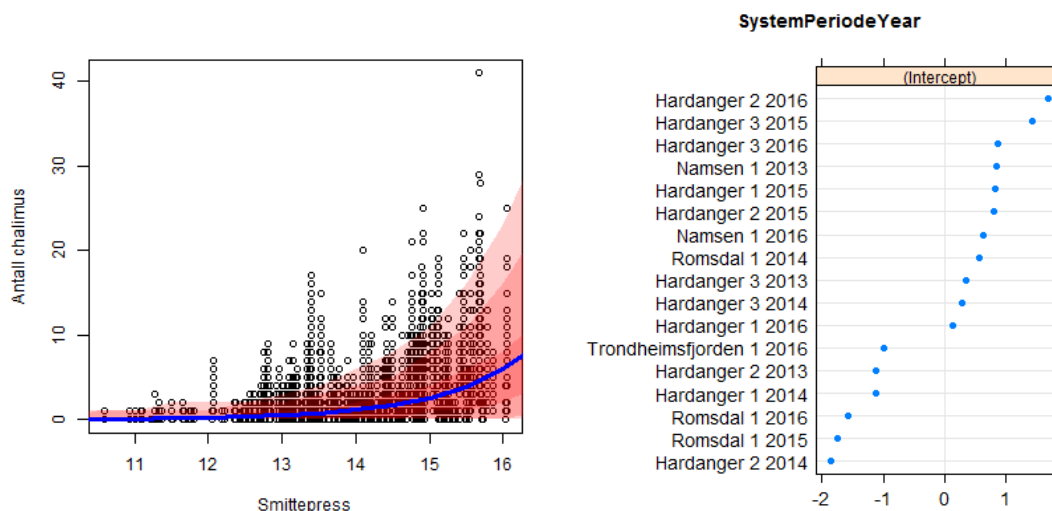
For å beregne påslag av lakselus på fisk til gitt tidspunkt brukes utviklingsrater, en fast dødsrate, samt tiden det tar en lakselus å finne en vert. Modellen kan ekstrapoleres videre gjennom utviklings- og dødsrater for å beregne hvordan smittepress fra reproduserende hunnlus bidrar kvantitativt til neste generasjons fastsittende lus, preadulte og adulte hannlus, og adulte hunnlus, i tid og rom. Ukentlige smittepress som brukes til videre beregninger i modellsystemet operasjonaliseres gjennom kystdekkende rasterkart med 100 x 100 m pixelstørrelse (Datum: WGS84, sone 33N).

Modellen er validert gjentatte ganger, og de relativt sterke korrelasjonene mellom beregnet smittepress og lusepåslag på fisk, både i oppdrett og i smoltbur, viser at forutsetningene som ligger til grunn for modellen er rimelige (Kristoffersen et al., 2014; Aldrin, 2016).

## Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på smolt i bur

For å vurdere risikoen for smitte av vill laksefisk med lus produsert i oppdrett, må beregnet smittepress relateres til sannsynlig påslag av lus på vill fisk. Til dette benyttes forsøksfisk som er satt i bur til kjente tider og steder (Nilsen et al., 2017). Veterinærinstituttets smittepress for en lokalitet (et bur) er et tall som er proporsjonalt med en avstandsvektet sum av antall egg produsert av alle kjønnsmodne hunnlus i alle omkringliggende oppdrettslokaliteter, tidsforskjøvet til det aktuelle lusestadiet vi ønsker å sammenligne med. Tidsforskyvningen baseres på døgngader, og inneholder dødelighetsestimater for de etterfølgende utviklingsstadiene av lus (Stien et al., 2005). For mer detaljert beskrivelse av beregningen av smittepress, se Kristoffersen et al. (2014). Beregnede tall for smittepress er tilnærmet eksponentielt fordelt. For å oppnå tilnærmet normalfordeling er derfor disse tallene logaritmetransformert (naturlig logaritme).

Sammenligningen mellom påslag i bur og smittepressestimatene gir en funksjon for forventet lusepåslag ut i fra eksponering mot et gitt smittepress over en gitt tid, slik at man kan beregne lusepåslag på en fisk som har vært eksponert mot smittepress i kjent tid og på kjent sted. Her har vi analysert påslag i burforsøk fra perioden 2013 - 2016. Analysen ble gjort i form av en regresjonsmodell (påslagsmodellen) der vi statistisk modellerte observert antall lus av fastsittende stadier (copepoditter og chalimus) på individuell fisk i burene. Videre har vi antatt at utviklingstiden fra påslag til preadult 1 stadiet er én uke i burforsøkene. Med bakgrunn i denne antakelsen, estimerte vi påslag av luselarver på burfisken per 7 dager. Påslagsmodellen ble kjørt med beregnet smittepress som forklaringsvariabel (Figur 1a), i tillegg til en tilfeldig effekt definert av område-periode-år (Figur 1b). Modellen hadde en negativ binominal variansstruktur med en estimert spredningsparameter ( $\theta = 1,77$ ). Denne fordelingen blir benyttet til å simulere fordelingen av luselarver per fisk, gitt gjennomsnittlig forventete antall luselarver fra påslagsmodellen (Figur 1a).



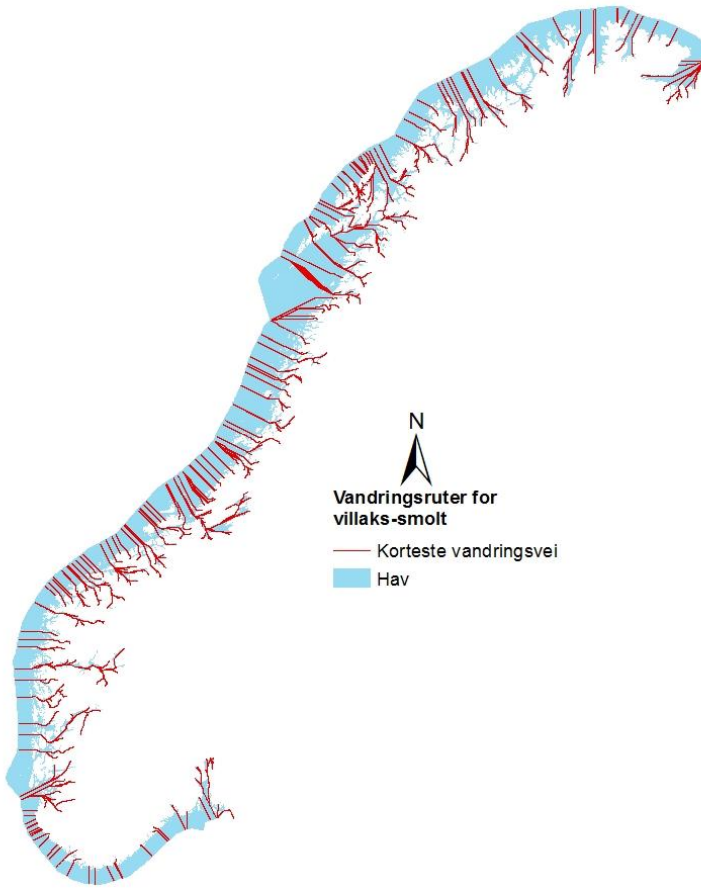
**Figur 1a,b.** Venstre panel (1a) angir antall lus av festsittende stadier (copepoditter og chalimus) per fisk (runde punkt) plottet mot gjennomsnittlig smittepress over siste uke av hvert burforsøk i perioden 2013 - 2016. Blå linje angir forventet antall påslåtte luselarver som funksjon av smittepress, der vi antar at de larvene som blir observert er mellom 0 og 7 dager gamle. Gjennomsiktige røde felt svarer til kvantiler når antall lus på 100000 laks er trukket tilfeldig fra en negativ binomial fordeling med theta fra påslagsmodellen, lysest området gir 1 til 99 % kvantilen, det mørkere gir 5 til 95 % kvantilen og mørkeste gir 25 til 75 % kvantilen. Høyre panel (1b) angir beregnet tilfeldig effekt knyttet til område-periode-år.

Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen fra burforsøkene varierte mellom -1,85 og 1,69, uten at det var noen åpenbar kobling til tid og sted burforsøkene ble gjennomført. De tilfeldige effektene er antatt å være normalfordelt med en estimert varians, her estimert til 1,14. Dette ble brukt som sensitivitetsanalyse til å variere påslagsrate for ulike smittepress, i et beste og et verste scenario der påslaget er justert etter en faktor på  $\pm 1,76$  (90 % konfidensintervall for tilfeldig effekt).

### Beregning av lusepåslag og luseindusert dødelighet på utvandrende laksesmolt

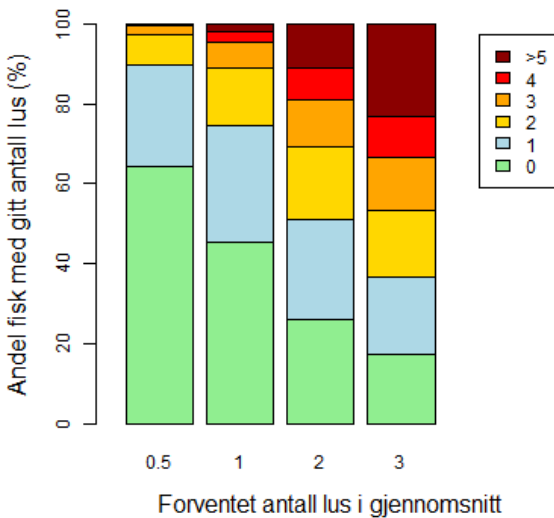
Til beregning av lusepåslag på laksesmolt benyttet vi resultatene fra den statistiske påslagsmodellen, antatt vandringsrute for smolten, samt rasterkart over smittepress. Vandringsruten ble antatt å være korteste vei fra elveutløp til 12-mils grense i hav (Figur 2).

For hvert av totalt 401 vassdrag i NINA's vassdragsdatabase (vassdragsdatabasen), antok vi da at utvandringstidspunktene korresponderte med beregnet uke for midlere utvandring (50 % utvandring). Som en sensitivitetsanalyse, antok vi også alternative utvandringstidspunkt, korresponderende med beregnet start- og slutt-uke for utvandring og uken der 25 % av smolten var angitt å ha vandret ut. Vi beregnet så forventet påslag av lus i hver pixel av rasterkartene med tidsjustert smittepress, fra utløp i sjø til 12-mils grensen i hav. Vandringshastigheten på fisken ble satt til 8.2 cm per sekund, som tilsvarer 4 ukers vandringsdistanse på 200 km (Thorstad et al., 2012). For hvert vassdrag ble smittepressene justert i tid, slik at de første 500 pixlene ( $100\text{m}^2$ ) fra utløpet ble ekstrahert fra smittepress beregnet for uken der utvandringen ble antatt å begynne, de neste 500 pixlene fra uken etter startuken, og så videre. Endelig ble beregnet påslag for hver pixel summert opp til et forventet antall påslåtte lakselus for hele utvandningsruten. Antall påslåtte lakselus per fisk ble deretter simulert på en million fisk fra en negativ binomial fordeling med estimert gjennomsnitt og spredningsparameter fra påslagsmodellen.



**Figur 2.** Antatt vandringsrute for laksesmolt fra 401 vassdrag langs kysten, som korteste vei fra utløp i sjø til 12-mils grensen i hav.

Dette ga en sannsynlighetsfordeling av antall påslåtte lus på villaksen som vandrer ut fra et gitt vassdrag. Figur 2 illustrerer sannsynlighetsfordelingene for ulike forventede antall påslåtte lus per fisk.



**Figur 3.** Andel av fisk som forventes å ha et lusepåslag på henholdsvis 0, 1, 2, 3, 4 eller >5 lus ved forventet gjennomsnittspåslag på 0.5, 1, 2 eller 3 lus.

Den endelige sannsynlighetsfordelingen av antall lus per fisk for hvert vassdrag (illustrert i Figur 3), og de tre ulike utvandringstidspunktene, ble brukt til å beregne dødelighet i henhold til Karlsen et al. (2016;

Tabell 4.2.1). Spesielt ble det da antatt at smolten veide 20 gram og dermed at fisk med påslag av mindre enn 2 lus ville overleve smitten, fisk med 2 - 3 lus hadde 20 % luseindusert dødelighet; fisk med 3 - 5 lus hadde 50 % luseindusert dødelighet; og fisk med 6 eller flere lus hadde 100 % luseindusert dødelighet. Beregningene ble også gjort for tre ulike tilfeldige effekter i påslagsmodellen (-1,76; 0; 1,76) og for fire ulike utvandringstidspunkt (start; 25 % utvandring; 50 % utvandring; slutt).

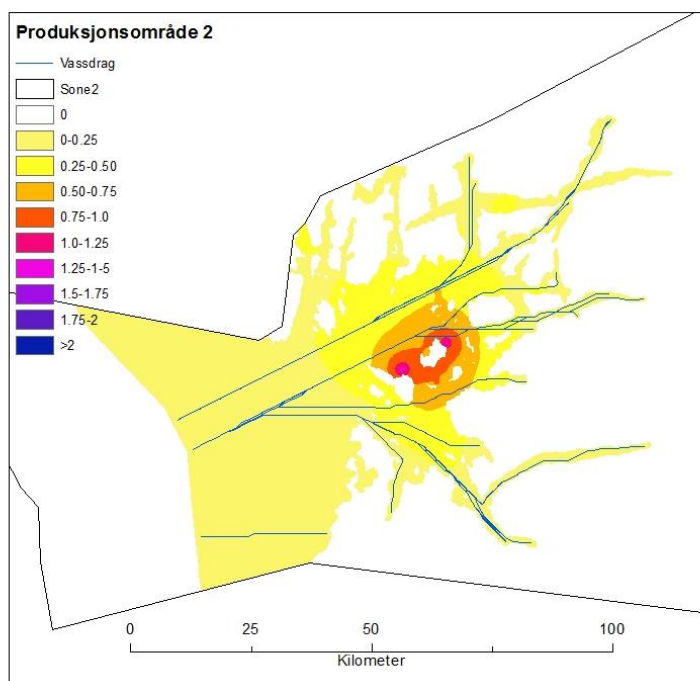
## Vurdering av status i produksjonsområdene

### Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren

Produksjonsområde 1 omfatter 38 vassdrag i vassdragsdatabasen til NINA. Produksjonen av lakselus i oppdrett innen dette produksjonsområdet er svært lavt, og ingen av vassdragene er beregnet til å ha påslag som påvirker dødelighet av vill laksesmolt i området (Vedlegg 1).

### Produksjonsområde 2: Ryfylke

Produksjonsområdet omfatter 18 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 4). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016. Legger man imidlertid til grunn relativt sen utvandring og høy påslagsrate kan beregnet dødelighet som følge av lusepåslag bli moderat for 2016 (Tabell 1). For tidligere år er imidlertid beregnet dødelighet lav (Vedlegg 2).



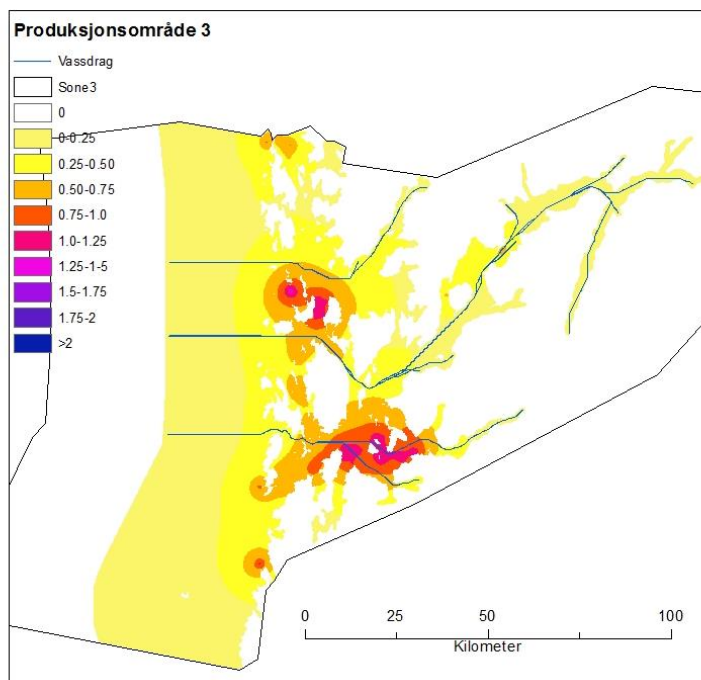
**Figur 4.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 2 i uke 21, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 1.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 2. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,3	0,35	1,27
Antall lus best	0,05	0,06	0,22
Antall lus verst	1,77	2,03	7,4
Beregnet død (prosent)	1,14	1,46	10,73
Beregnet død best	0,06	0,06	0,69
Beregnet død verst	16,46	19,42	56,69
Beregnet andel døde (prosent)	0,72	0,78	5,53
Beregnet andel døde best	0,03	0,04	0,33
Beregnet andel døde verst	10,65	11,32	37,09

### Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

Produksjonsområdet omfatter 12 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 5). Området har de høyeste beregnede påslagene av lus, og derav også høyest beregnet luseindusert dødelighet, av alle produksjonsområdene. Beregnet gjennomsnittlig prosent dødelighet ved midlere utvandringstid var moderat (~16 %). Legger vi imidlertid til grunn høy påslagsrate eller sen utvandring var beregnet dødelighet høy (Tabell 2). Vassdragene med lengst vandringsrute innen området hadde de høyeste beregnede dødelighetene som følge av lusepåslag, av alle vassdragene som inngår i vassdragsdatabasen (Vedlegg 1).



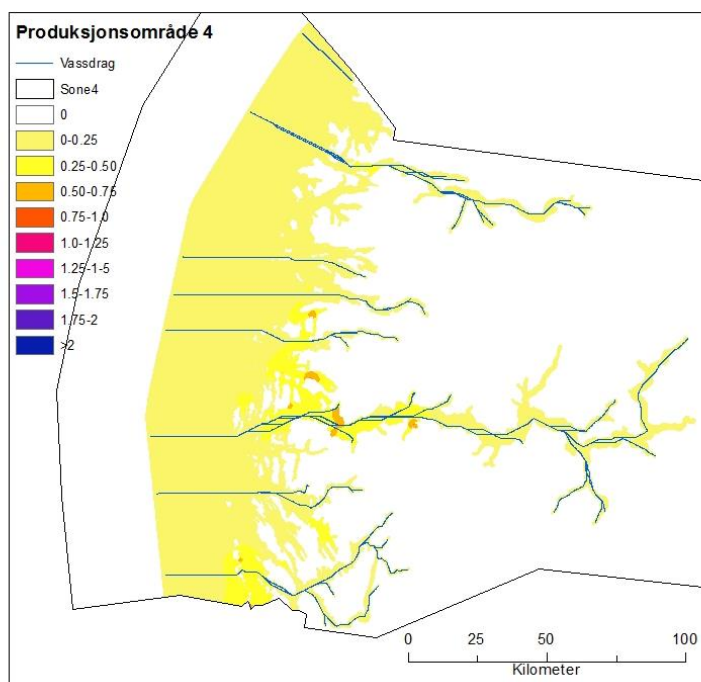
**Figur 5.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 3 i uke 21, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 2.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 3. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,76	1,77	5,15
Antall lus best	0,13	0,3	0,89
Antall lus verst	4,44	10,28	29,92
Beregnet død (prosent)	4,8	15,91	40,24
Beregnet død best	0,25	1,46	6,96
Beregnet død verst	43,59	56,01	82,63
Beregnet andel døde (prosent)	4,49	16,17	34,34
Beregnet andel døde best	0,24	1,62	6,34
Beregnet andel døde verst	40,94	51,97	76,61

### Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt

Produksjonsområde 4 omfatter 40 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 6). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016, selv om dødeligheten var moderat for viktige vassdrag med utløp lengst inne i Sognefjorden (Vedlegg 1). Legger man imidlertid til grunn høy påslagsrate blir beregnet dødelighet som følge av lusepåslag moderat for 2016 (Tabell 3). For tidligere år er imidlertid beregnet dødelighet lav sammenlignet med beregningene for 2016 (Vedlegg 2).



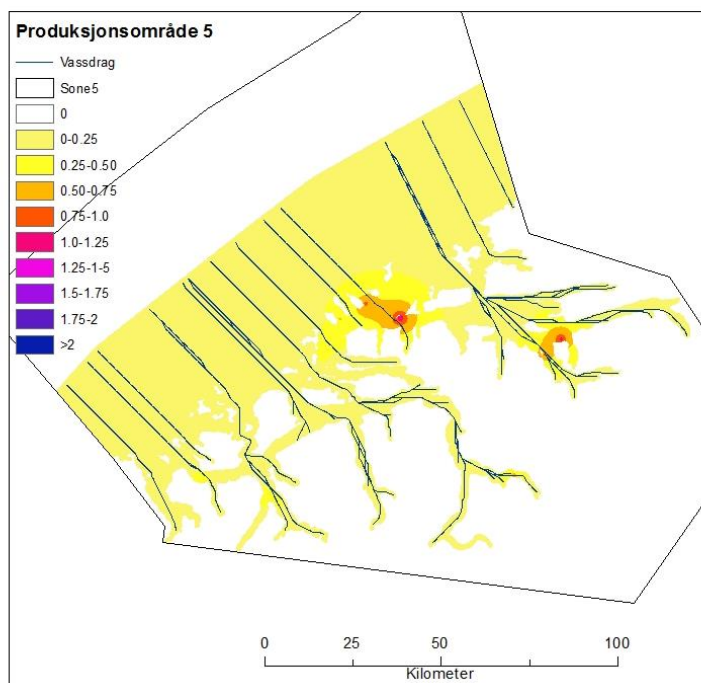
**Figur 6.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 4 i uke 21, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 3.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 4. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,26	0,52	1,36
Antall lus best	0,04	0,09	0,23
Antall lus verst	1,51	3	7,91
Beregnet død (prosent)	0,96	3,55	11,96
Beregnet død best	0,03	0,21	1,01
Beregnet død verst	13,3	23,38	46,8
Beregnet andel døde (prosent)	1,04	4,6	14,63
Beregnet andel døde best	0,03	0,29	1,29
Beregnet andel døde verst	13,95	27,11	52,11

### Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Produksjonsområde 5 omfatter 44 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 7). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016. Legger man imidlertid til grunn høy påslagsrate blir beregnet dødelighet som følge av lusepåslag moderat for 2016 (Tabell 4). For tidligere år er imidlertid beregnet dødelighet lav sammenlignet med beregningene for 2016 (Vedlegg 2).



**Figur 7.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 5 i uke 21, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

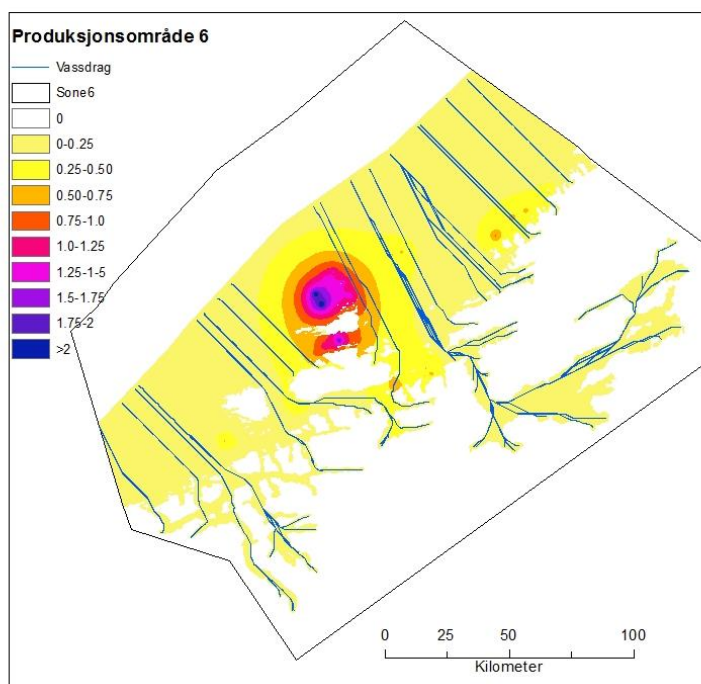


**Tabell 4.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 5. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,21	0,23	0,47
Antall lus best	0,04	0,04	0,08
Antall lus verst	1,21	1,32	2,76
Beregnet død (prosent)	0,59	0,71	2,52
Beregnet død best	0,01	0,02	0,11
Beregnet død verst	9,78	11,19	26,41
Beregnet andel døde (prosent)	0,72	0,92	3,44
Beregnet andel døde best	0,03	0,03	0,16
Beregnet andel døde verst	11,32	13,68	32,02

### Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag

Produksjonsområde 6 omfatter 62 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 8). Området hadde delvis høyt smittepress rundt utvandringstidene for vill laksesmolt, men dette påvirket ikke beregnete påslag nevneverdig fordi utvandningsrutene ikke overlappet med det høye smittepresset. Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016. Legger man imidlertid til grunn høy påslagsrate, blir beregnet dødelighet som følge av lusepåslag moderat for 2016 (Tabell 5). For tidligere år er imidlertid beregnet dødelighet lav sammenlignet med beregningene for 2016.



**Figur 8.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 6 i uke 21, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsveier for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

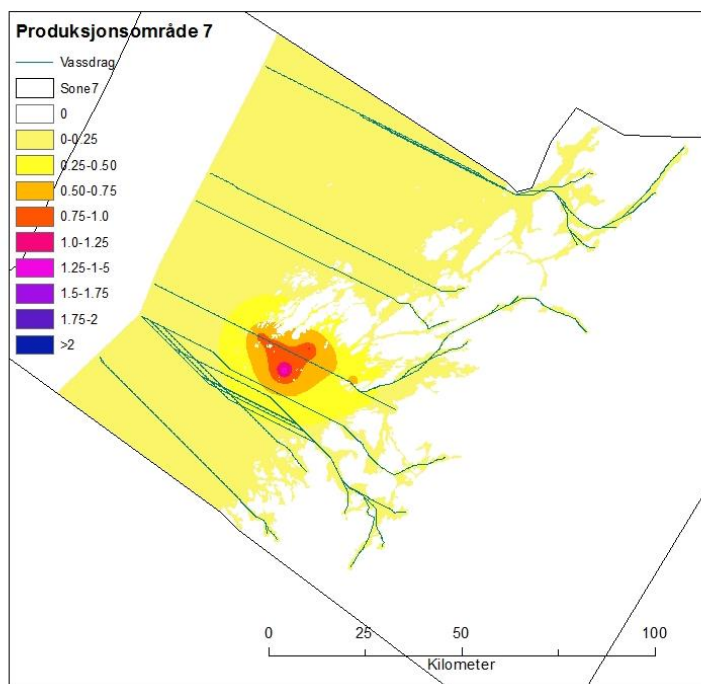


**Tabell 5.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 6. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,34	0,44	0,83
Antall lus best	0,06	0,08	0,14
Antall lus verst	1,99	2,53	4,8
Beregnet død (prosent)	1,44	2,22	5,85
Beregnet død best	0,06	0,1	0,33
Beregnet død verst	18,85	24,06	42,48
Beregnet andel døde (prosent)	1,73	3,43	8,95
Beregnet andel døde best	0,08	0,17	0,53
Beregnet andel døde verst	22,64	33,87	56,01

### Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Produksjonsområde 7 omfatter 22 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 9). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016. Legger man imidlertid til grunn høy påslagsrate blir beregnet dødelighet som følge av lusepåslag moderat for 2016 (Tabell 6). For tidligere år er imidlertid beregnet dødelighet lav sammenlignet med beregningene for 2016 (Vedlegg 2).



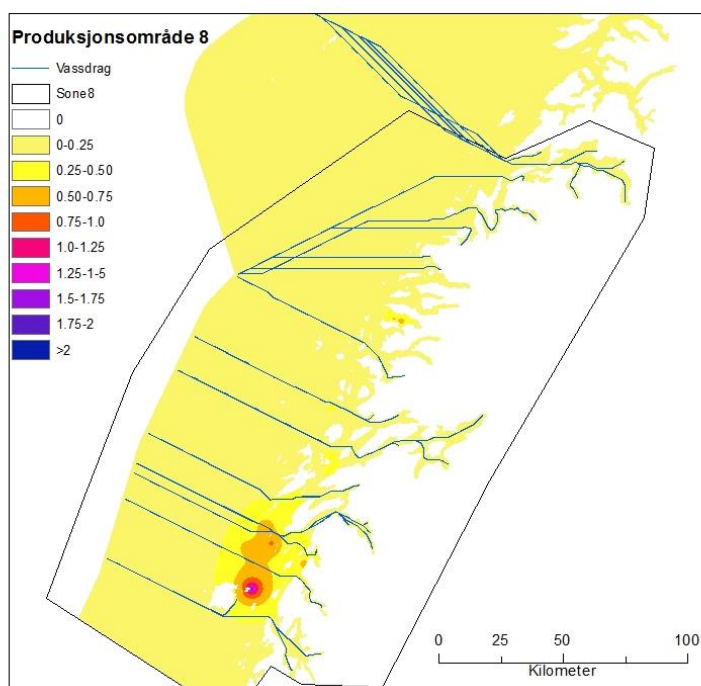
**Figur 9.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 7 i uke 22, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 6.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 7. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,18	0,31	0,64
Antall lus best	0,03	0,05	0,11
Antall lus verst	1,05	1,82	3,7
Beregnet død (prosent)	0,6	1,7	4,62
Beregnet død best	0,03	0,08	0,28
Beregnet død verst	8,75	15,8	29,96
Beregnet andel døde (prosent)	0,58	1,96	5,93
Beregnet andel døde best	0,01	0,1	0,32
Beregnet andel døde verst	8,99	22,78	47,99

### Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Produksjonsområde 8 omfatter 30 vassdrag (Figur 10). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016 (Tabell 7), så vel som for tidligere år (Vedlegg 2).



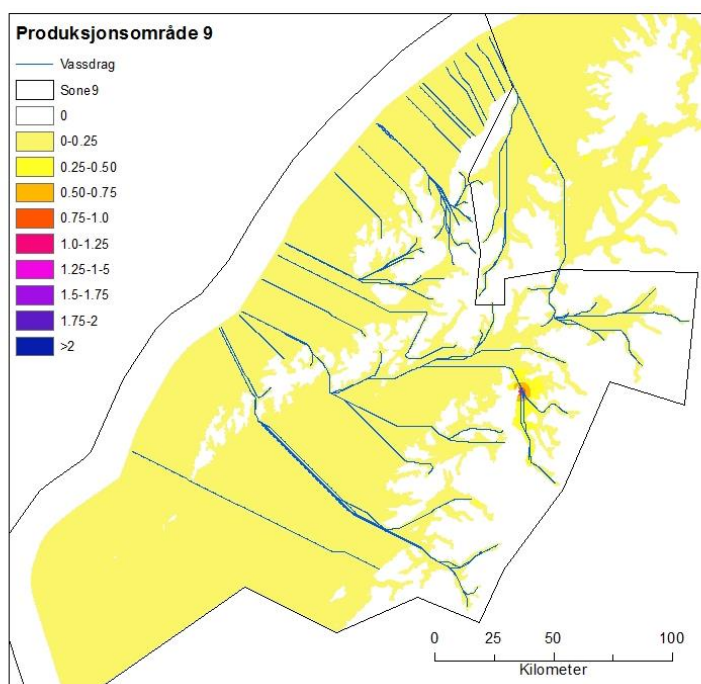
**Figur 10.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 8 i uke 25, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laxesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 7.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 8. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,09	0,18	0,43
Antall lus best	0,01	0,03	0,07
Antall lus verst	0,52	1,07	2,48
Beregnet død (prosent)	0,17	0,56	2,41
Beregnet død best	0	0,02	0,12
Beregnet død verst	3,11	8,77	22,78
Beregnet andel døde (prosent)	0,37	1,18	6,09
Beregnet andel døde best	0	0,05	0,36
Beregnet andel døde verst	6,52	16,37	41,08

### Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Produksjonsområde 9 omfatter 62 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 11). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016 (Tabell 8), så vel som for tidligere år (Vedlegg 2).



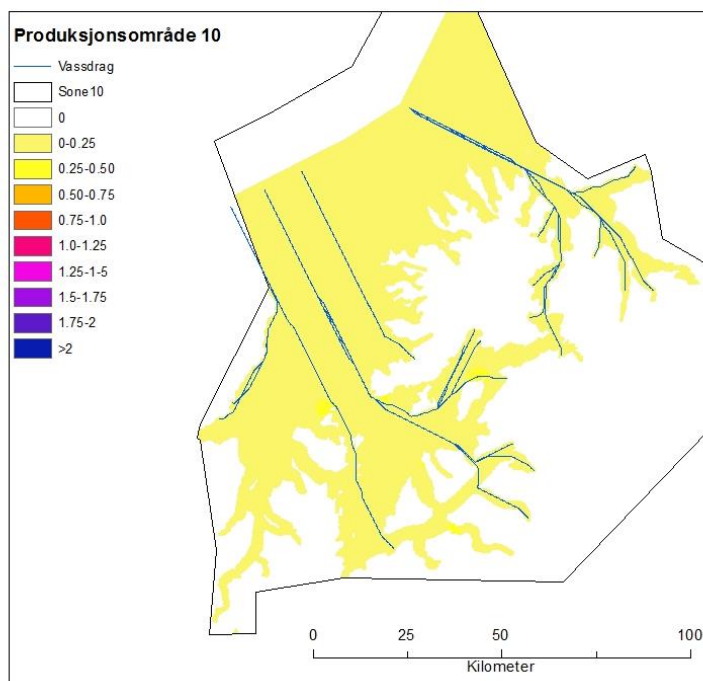
**Figur 11.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 9 i uke 25, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandingsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 8.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 9. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,02	0,07	0,15
Antall lus best	0	0,01	0,03
Antall lus verst	0,11	0,42	0,87
Beregnet død (prosent)	0,01	0,12	0,54
Beregnet død best	0	0	0,03
Beregnet død verst	0,28	2,5	7,02
Beregnet andel døde (prosent)	0,01	0,15	0,57
Beregnet andel døde best	0	0	0,03
Beregnet andel døde verst	0,41	3,03	8,19

### Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

Produksjonsområde 10 omfatter 20 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 12). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav i 2016 (Tabell 9), så vel som for tidligere år (Vedlegg 2).



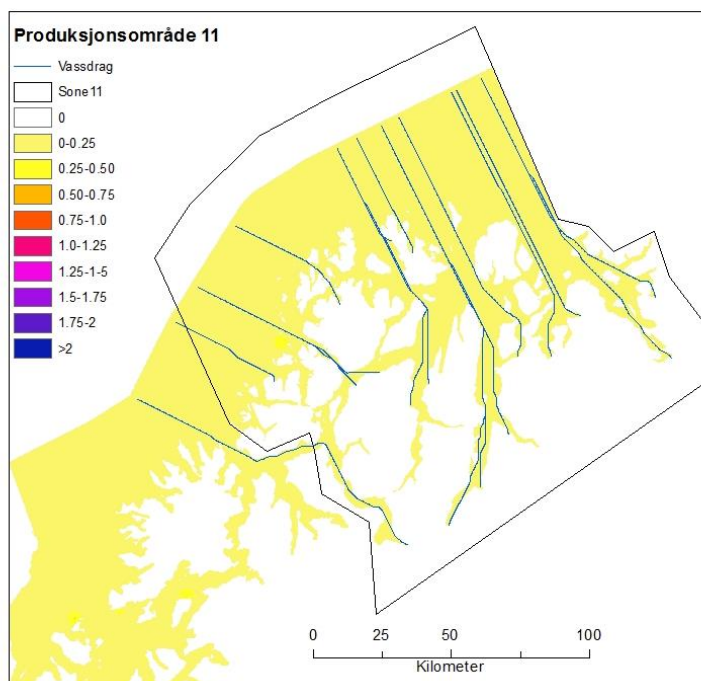
**Figur 12.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 10 i uke 25, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 9.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 10. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,05	0,12	0,18
Antall lus best	0,01	0,02	0,03
Antall lus verst	0,28	0,71	1,07
Beregnet død (prosent)	0,06	0,34	0,64
Beregnet død best	0	0	0,04
Beregnet død verst	1,45	5,57	9,39
Beregnet andel døde (prosent)	0,05	0,24	0,48
Beregnet andel døde best	0	0	0,02
Beregnet andel døde verst	1,2	3,98	7,1

### Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

Produksjonsområde 11 omfatter 17 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 13). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var svært lav i 2016 (Tabell 10), så vel som for tidligere år (Vedlegg 2).



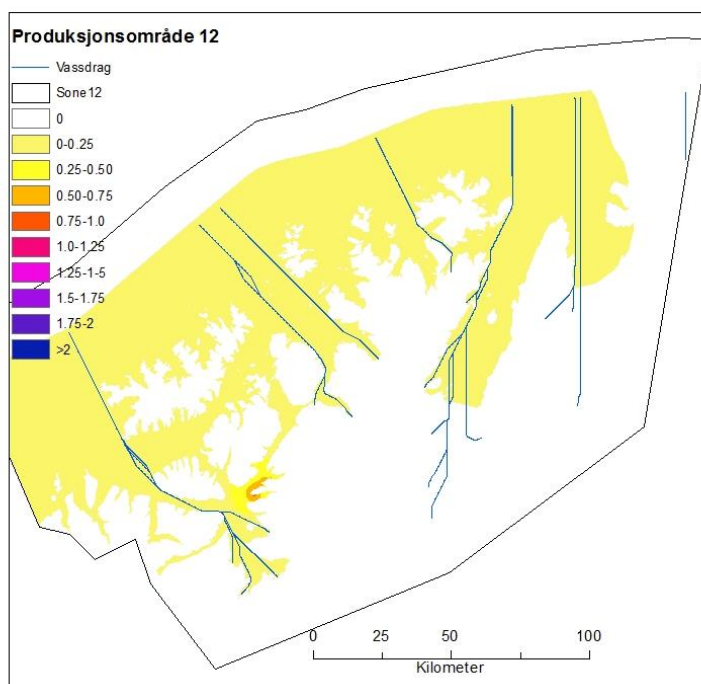
**Figur 13.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 11 i uke 27, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.

**Tabell 10.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 11. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitemodellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,01	0,03	0,06
Antall lus best	0	0,01	0,01
Antall lus verst	0,05	0,19	0,32
Beregnet død (prosent)	0	0,01	0,06
Beregnet død best	0	0	0
Beregnet død verst	0,04	0,55	1,5
Beregnet andel døde (prosent)	0	0	0,06
Beregnet andel døde best	0	0	0
Beregnet andel døde verst	0,06	0,69	1,66

### Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Produksjonsområde 12 omfatter 18 vassdrag i vassdagsdatabasen (Figur 14). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var svært lav i 2016 (Tabell 11), så vel som for tidligere år (Vedlegg 2).



**Figur 14.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter en ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 12 i uke 25, som tilsvarer midlere oppholdstid for utvandrende laksesmolt i kystnære farvann for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonssonen.



**Tabell 11.** Beregninger av gjennomsnittlig antall påslåtte lakselus per fisk, gjennomsnittlig dødelighet for alle vassdrag og andel døde smolt relativt til smoltproduksjonspotensialet, innenfor produksjonsområde 12. Beregningene er gjort med smittepress synkronisert med start for utvandring av smolt, tid for 50 % utvandring (Utv50) og slutt på utvandring. Radene for beste og verste scenarier representerer relativt lave og høye påslag justert med tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Start	Utv50	Slutt
Antall lus	0,01	0,03	0,02
Antall lus best	0	0	0
Antall lus verst	0,04	0,15	0,15
Beregnet død (prosent)	0	0,03	0,03
Beregnet død best	0	0	0
Beregnet død verst	0,09	0,67	0,64
Beregnet andel døde (prosent)	0	0,12	0,06
Beregnet andel døde best	0	0	0
Beregnet andel døde verst	0,74	2,7	1,07

### Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Produksjonsområde 13 omfatter 18 vassdrag. Smittepress ved utvandring av laksesmolt er 0 i hele Øst-Finnmark. Det vises derfor ikke kart eller data fra dette området.

### Diskusjon

Denne rapporten presenterer et modellsystem for risikovurdering av luseindusert dødelighet av vill laksesmolt i 13 produksjonsområder for oppdrettslaks langs kysten. I modellsystemet er det smittepresset av lus med opphav fra oppdrettsfisk, som bidrar til lusepåslaget på vill laksesmolt. Beregnede lusepåslag og luseindusert dødelighet er gjort for i alt 401 vassdrag, for årene 2014 - 2016, for ulike beregnede utvandringstider og endelig for scenarier med erfaringsbaserte lave, midlere og høye lusepåslag. Presentasjonen av resultatene er delvis på aggregerte nivå, bestemt av produksjonssonene, og delvis på enkeltvassdragsnivå. På bakgrunn av en rekke antagelser som er gjort med hensyn til ulike prosesser i hendelseskjeden i modellsystemet, er det viktig å presisere at usikkerheten i estimatene er store, noe som reflekteres i resultatene. Det er imidlertid også verd å merke seg at en del av de større trendene i vurderingene er fornuftige. Her kan nevnes at sannsynlighetene for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt, slik dette er definert i modellsystemet, generelt avtar i de nordlige produksjonsområdene. Denne sannsynligheten er også minimal for produksjonsområde 1, der det er liten oppdrettsvirksomhet. Videre, var det generelt større sannsynlighet for luseindusert dødelighet i 2016 enn i de tidligere årene. Endelig synes vassdrag med lengst utvandring rute gjennom oppdrettstette områder å ha størst sannsynlighet for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt. I det følgende diskuteres noen av usikkerhetene som vurderes som mest betydelige for resultatene.

For å beregne påslaget på vill laksesmolt benyttet vi påslagsmodellen som var tilpasset påslagsdata fra burforsøk, med en antagelse om at forholdene mellom smittepress og påslag er likt for en vandrende smolt og en fisk i bur. Det er mulig at den aktive svømmingen til en utvandrende fisk vil øke sannsynligheten for påslag i forhold til en mer passiv burfisk. Hvis dette er tilfelle, underestimerer påslagsmodellen lusepåslaget på utvandrende fisk.

Tid for utvandring, utvandring rute og svømmehastighet er alle usikre størrelser i modellsystemet. Tiden der utvandringen foregår er viktig fordi smittepresset fra oppdrett generelt stiger markert fra tidene som angis som start og mot slutt for utvandring i vassdragsdatabasen. Utvandring ruten kan i enkelte tilfeller ha stor betydning i forhold til om fisken passerer områder med høye smittepress eller ikke, men generelt er smittepresset relativt jevnt fordelt slik at om fisken svømmer litt annerledes er det av begrenset betydning. Endelig er svømmehastigheten av stor betydning i forhold til hvor lenge fisken eksponeres for ulike smittepress.

Definisjonen av smitteindusert dødelighet er en annen stor usikkerhetsfaktor. I dette modellsystemet beregner vi påslagene av lusearver og antar skjematisk at et gitt antall påslåtte larver medfører en gitt prosentvis dødelighet. Vi gjør ingen betraktninger rundt overlevelse av larvene frem til de mest patologiske; preadulte og adulte stadier. Imidlertid må det nødvendigvis være en dødelighet av lus fra påslag til utvikling av bevegelige lusestadier, men av ukjent størrelsesorden. Dette forholdet går i retning av at vi overestimerer luseindusert dødelighet i modellsystemet. I tillegg, gjør vi ingen betraktninger av hvilken effekt beregningen av luseindusert dødelighet vil ha på bestander av villaks. Med denne bakgrunn er det klart at dødelighetskriteriene i modellsystemet er grovt forenklet og usikre.

Et mer beregningsteknisk forhold er at vi antar at copepoditter og chalimus- på fisken i burforsøkene er fra 0 - 7 dager gamle, og med dette skalerer vi påslagsmodellen til antall påslåtte lus per 7 dager. Alderssammensetningen av disse stadiene vil variere med temperatur (Stien et al. 2005). Siden burforsøkene er gjennomført under relativt jevne temperaturer, mener vi at antagelsen som ligger til grunn for påslagsmodellen ikke vil ha stor betydning for de relative forskjellene mellom beregningene for ulike vassdrag. De absolutte beregningene av påslag og luseindusert dødelighet vil imidlertid være sensitive for utviklingstidene frem til preadult stadium. Hvis, for eksempel, utviklingstiden i gjennomsnitt er lenger enn én uke, trekker dette i retning av at påslag og dødelighet er overestimert i denne rapporten. Vi vil justere alderssammensetningene av lusearver på burfiskene etter temperaturavhengige utviklingsrater i påslagsmodellen i fremtidige beregninger av modellsystemet.

Denne rapporten presenterer et komplett modellsystem for risikovurdering av luseindusert dødelighet av utvandrende vill laksesmolt, der smitten har opprinnelse i oppdrett. Alle prosessene i kjeden av skisserte hendelser er gjennomsiktede og dokumenterbare, og vurderingene tar hensyn til varierende påslagsrater av copepoditter og varierende utvandringstider. Selv om de absolutte modellresultatene med hensyn til lusepåslag og luseindusert dødelighet er beheftet med store usikkerheter, mener vi at modellsystemet er godt egnet til å sammenligne utviklingen av risiko over år og se på regionale forskjeller.

## Referanser

- Aldrin, M., Storvik, B., Kristoffersen, A.B., Jansen, P.A., 2013. Space-time modelling of the spread of salmon lice between and within Norwegian marine salmon farms. PLOS ONE 8, 6.
- Aldrin, M., 2016. Havforskningsinstituttets spredningmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, SAMBA/15/16.
- Forseth, T., Barlaup B. T., Finstad, B., Fiske, P., Gjøsæter, H., Falkegård, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H., Thorstad, E.B., Vøllestad, L.A., Wennevik, V., 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. ICES Journal of Marine Science, doi:10.1092/icesjms/fsx020.
- Kristoffersen, A. B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A., Jansen, P. A. (2014). Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. Epidemics, 9, 31-39.
- Nilsen, Rune, Rosa Maria Serra-Llinares, Anne Dagrund Sandvik, Kristine Marit Schrøder Elvik, Lars Asplin, Pål Arne Bjørn, Ingrid Askeland Johnsen og Ørjan Karlsen (Havforskningsinstituttet); Bengt Finstad, Marius Berg og Ingebrigt Uglem (Norsk institutt for naturforskning); Knut Wiik Vollset og Gunnar B. Lehmann (UNI Research - Miljø), 2017. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2016. Rapport fra havforskningen, Nr. 1 - 2017.
- Stien, A., Bjørn, P.A., Heuch, P.A., Elston, D.A., 2005. Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. Mar. Ecol. Prog. Ser. 290, 263-275
- Karlsen, Ø., Johnsen, I.A., Skarøhamar, J., Sandvik, A., Albretsen, J., Nilsen, R., Serra Llinares, R.M., Asplin, L., Skilbrei, O., Halttunen, E., Finstad, B., Berg, M., Taranger, G.L., Bjørn, P.A., 2016. Risikovurdering lakselus - 2015. I: Svåsand T., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L., Boxaspen K.K. (red.). 2016. Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016. Fisken og havet, særnr. 2-2016.
- E. B. Thorstad, F. Whoriskey, I. Uglem, A. Moore, A. H. Rikardsen, B. Finstad, 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. J. Fish Biol. 81: 500 - 542.



## Vedlegg 1

Under er et sett av 12 lenker til tabeller med beregninger av lusepåslag og luseindusert dødelighet for vill laksesmolt fra 401 vassdrag fra NINA's vassdragsdatabase. For hvert av årene 2014 - 2016, dekker 4 av lenkene beregninger som er synkronisert med start på utvandring, uke for 25 % utvandring, uke for 50 % utvandring og slutt på utvandring, hentet fra vassdragsdatabasen. Kolonneforklaringene i tabellen er:

- Kolonne 1, ID: Vassdragsnummer i REGINE-systemet for hovedvassdrag (har ikke nummerert sidevassdrag i denne fila, selv om de kan ha egne nummer i REGINE-systemet). Eneste stedet hvor denne lista avviker fra REGINE-systemet er for Norddalselva i Åfjord som vi har gitt vårt «eget» nummer 135.Zb, men som i REGINE-systemet er angitt sammen med Stordalselva 135.Z, siden de to vassdragene renner ut i flomålet på samme sted.
- Kolonne 2, Objektnavn: Navn på vassdraget. For de fleste vassdrag er en kortform benyttet. Navnet på vassdrag er ikke unikt, mens vassdragsnumrene er unike. Det kan finnes flere synonyme navn på samme vassdrag (lokale vil ikke oppfatte navnene som synonyme), det er litt tilfeldig hvilket navn som er brukt her.
- Kolonne 3, PO: Produksjonsområde
- Kolonne 4, UtUke: Utvandringssuke angitt i NINA's vassdragsdatabase for gitte utvandringstid
- Kolonne 5, tidUt: Beregnet utvandringstid i uker, fra utløp til 12-milssone i hav
- Kolonne 6, Smp: Beregnet gjennomsnittlig smittepress smolten eksponeres for under utvandring langs utvandringstruten
- Kolonne 7, GjAnt: Forventet gjennomsnittlig antall lus som slår seg på smolten under utvandring
- Kolonne 8-9, AntB, AntV: Beste og verste scenario for påslag, justert etter 90 % konfidensintervall for tilfeldig effekt i påslagsmodellen
- Kolonne 10, Døde: Beregnet luseindusert dødelighet i prosent av utvandrende smolt (uavhengig av antall smolt som vandrer ut)
- Kolonne 11-12, DødB, DødV: Beste og verste scenario for luseindusert dødelighet, justert etter 90 % konfidensintervall for tilfeldig effekt i påslagsmodellen

<http://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2017/produksjon-av-lakselus-i-oppdrett-estimert-lusepaslag-og-vurdering-av-luseindusert-dodelighet-for-villaks-innen-produksjonsomrader-for-oppdrettslaks/vedlegg-til-rapport-8-vassdragsberegninger>

## Vedlegg 2

Under er et en lenke til tabeller som oppsummerer beregninger for av lusepåslag, beregnet gjennomsnittlig dødelighet for vassdrag og beregnet andel døde ville laksesmolt per produksjonsområde og for 2015 og 2014. For en nærmere beskrivelse av tabellene, se tabellforklaringene i hovedrapporten.

<http://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2017/produksjon-av-lakselus-i-oppdrett-estimert-lusepaslag-og-vurdering-av-luseindusert-dodelighet-for-villaks-innen-produksjonsomrader-for-oppdrettslaks/vedlegg-til-rapport-8-vassdragsberegninger>

OC2017 A-091 - Unrestricted

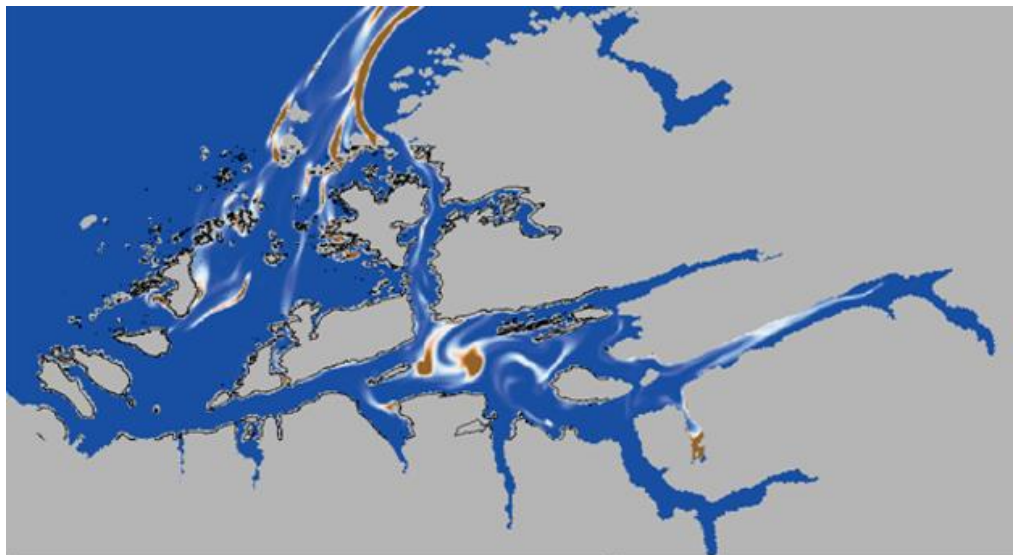
# Rapport

## **Modellering av spredning av lus, utvandring av postsmolt og påslag av lus i Romsdalsfjorden ved bruk av SINMOD**

### **Forfattere**

Ingrid Ellingsen

Lionel Eisenhauer, Øyvind Knutsen



Postadresse:

# Rapport

Foretaksregister:

## Modellering av spredning av lus, utvandring av postsmolt og påslag av lus i Romsdalsfjorden ved bruk av SINMOD

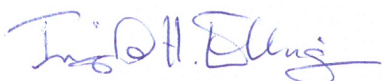
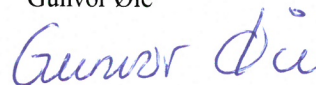
RAPPORTNR	VERSJON	DATO
OC2017 A-091	[Version]	2017-03-31

**EMNEORD:**  
[Keywords]**FORFATTER(E)**  
Ingrid Ellingsen  
Lionel Eisenhauer, Øyvind Knutsen**OPPDRAKSGIVER(E)**  
Havforskningsinstituttet**OPPDRAKSGIVERS REF.**  
Ørjan Karlsen**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
22 + vedlegg

GRADERING	GRADERING DENNE SIDE	ISBN
Unrestricted	Unrestricted	978-82-7174-282-9

**SAMMENDRAG**

Modellsystemet SINMOD inkluderer modell for pelagisk utvikling av lakselus og modell for utvandring av postsmolt. Modellsystemet er brukt og resultatene analysert for å se på spredning av lus og hvilken påvirkning dette kan ha på de ville populasjonsbestandene for laks i Romsdalsfjorden. Rapporten er Appendix VIII til rapport skrevet av ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning

**UTARBEIDET AV**  
Ingrid Ellingsen**KONTROLLERT AV**  
Morten Alver**GODKJENT AV**  
Gunvor Øie

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBESKRIVELSE</b>
Skriv versjonsnr	Velg dato	[Tekst]

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Metoder.....</b>	<b>4</b>
2.1	Modelloppsett og input data for simuleringene .....	4
2.2	Populasjonsmodell for lus.....	5
2.3	Modell for utvandring av smolt .....	7
2.4	Beregning av påslag av lus på postsmolt .....	9
2.5	Resultater og diskusjon.....	10
2.5.1	Resultat fra 800m for Område 6: Stadt til Hustadvika for 2015 og 2016.....	10
2.5.2	Resultat fra 160m simuleringer for Romsdalsfjorden.....	14
2.5.3	Påslag bur .....	16
2.5.4	Modellering av postsmolt .....	17
2.5.5	Påslag postsmolt .....	19
2.6	Referanser.....	20

## BILAG/VEDLEGG

---

[Skriv inn ønsket bilag/vedlegg]

---

## 1 Oppsummering

Modellsystemet SINMOD ([www.sinmod.com](http://www.sinmod.com)) inkluderer modell for pelagisk utvikling av lakselus og modell for utvandring av postsmolt. Modellsystemet er brukt og resultatene analysert for å se på spredning av lus og hvilken påvirkning dette kan ha på de ville populasjonsbestandene for laks i Romsdalsfjorden. Rapporten gir en oversikt over metoder og resultat. Det er usikkerheter knyttet til den hydrodynamiske modellen som beskrevet i Karlsen mfl. 2016. Oppløsning av modellene er en av faktorene som kan påvirke resultatene. Innledende analyse av simulerte konsentrasjoner av modellerte kopepoditter viser nokså like fordelinger i Romsdalsfjorden regionalt, men det kan være store lokale forskjeller. Dette vil bli videre analysert, for eksempel er det ikke undersøkt hvordan det påvirker beregninger av påslag av lus på postsmolt. To andre viktige usikkerheter i forbindelse med modellering av spredning og utvikling av smittsomme kopepoditter er antall egg sluppet fra hvert anlegg (input data) og mortalitet. Sammenligninger med beregnede påslag av lus på postsmolt i bur er presentert, men det er behov for mer data for å få sikrere resultat. Det er videre estimert påslag av lus på postsmolt. Disse resultatene anses å være veldig usikre. For å videreutvikle modellene er det behov for mer kunnskap om postsmoltutvandringen (for eksempel tidspunkt for utvandring, og smoltadferd).

## 2 Metoder

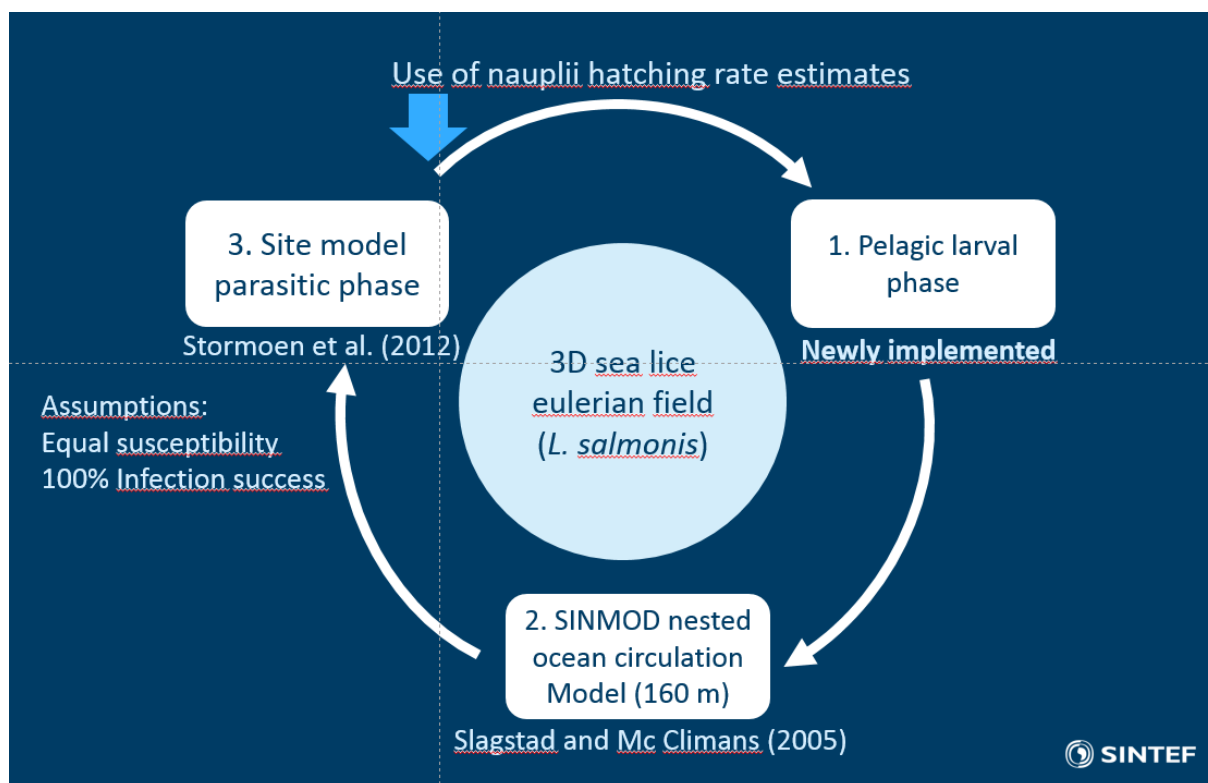
### 2.1 Modelloppsett og input data for simuleringene

Det hydrodynamiske modelloppsettet for Romsdalsfjorden har en horisontal oppløsning på 160m og 45 vertikale z-lag med en økende tykkelse mot havbunnen. Oppsettet drives med grensebetingelser for strøm, temperatur, salt og elevasjon fra et overordnet nøstet modelloppsett for Midt-Norge med 800m oppløsning, og input dataene oppdateres hvert 6. minutt for strøm og hver time for temperatur og saltholdighet. Ferskvannsavrenning som påvirker ferskvannslaget og sirkulasjonen på overflaten i fjordsystemet spesifiseres ved å definere utløpslokaliteter og årsspesifikk vannføring for 28 områder (data fra NVE). Atmosfæriske data genereres fra en egen atmosfæremodell (WRF) for regionen som tar hensyn til topografiske egenskaper som påvirker vindforhold i fjordsystemet.

Inputdata (klekkede nauplier av lakselus) for å beregne spredning av lakselus fra oppdrettslokaliteter i Romsdalsfjorden baseres på databasen til den nasjonale overvåkingsplanen for lakselus (data fra HI, Anne Sandvik pers. komm.). Input dataene oppdateres hver time ut fra en lineær interpolering fra ukentlige tellinger. Posisjonen til oppdrettslokalitetene er årsspesifikk.

## 2.2 Populasjonsmodell for lus

Et romlig fordelt oppsett av en strukturert populasjonsmodell (Figur 2) for den pelagiske delen av livssyklusen til lakselus har blitt koblet til SINMOD (se Figur 1). Lusemodellen beregner tetthet av nauplii stadiene (I og II) og smittestadiet som en funksjon av rekruttering (eggproduksjon/klekkende nauplii), temperaturavhengig utviklingstid og en konstant dødelighetsrate (Stien et al. 2005). Koblingen baseres på en eulersk tilnærming, dvs. at den simulerte lusetettheten i hver gridcelle er konsentrasjonsbasert, og beregnes som et kontinuerlig 3D-felt i modellområdet. Det tas hensyn til lusens adferd i vannsøylen ved å beregne aktiv vertikal vandring i lakselusmodellen; lusefeltet vandrer opp mot overflaten der det har kommet for dypt pga. vertikale blandingsprosesser, virvling og frontdynamikker. Lusefeltet vandrer nedover når det utsettes for lav saltholdighet (under 20 PSU).

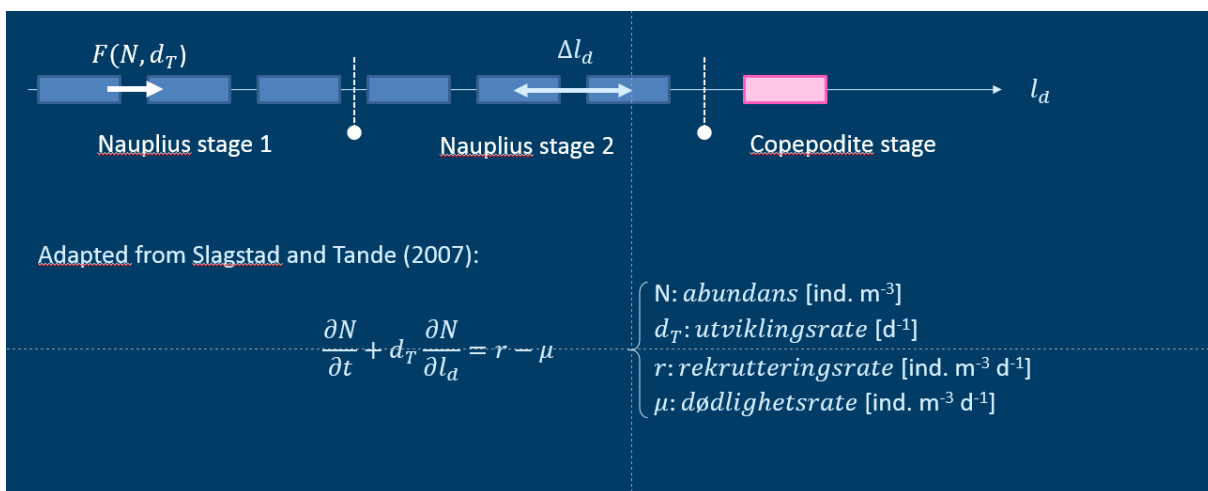


**Figur 1** konseptuelt diagram av lakselusmodellen innenfor modellsystemet SINMOD. Oppsettet består av tre moduler: havmodellen (2), den parasittiske livsfasen til lakselus (3) og den frittlevende planktoniske fasen (1) som er fokuset i denne rapporten.

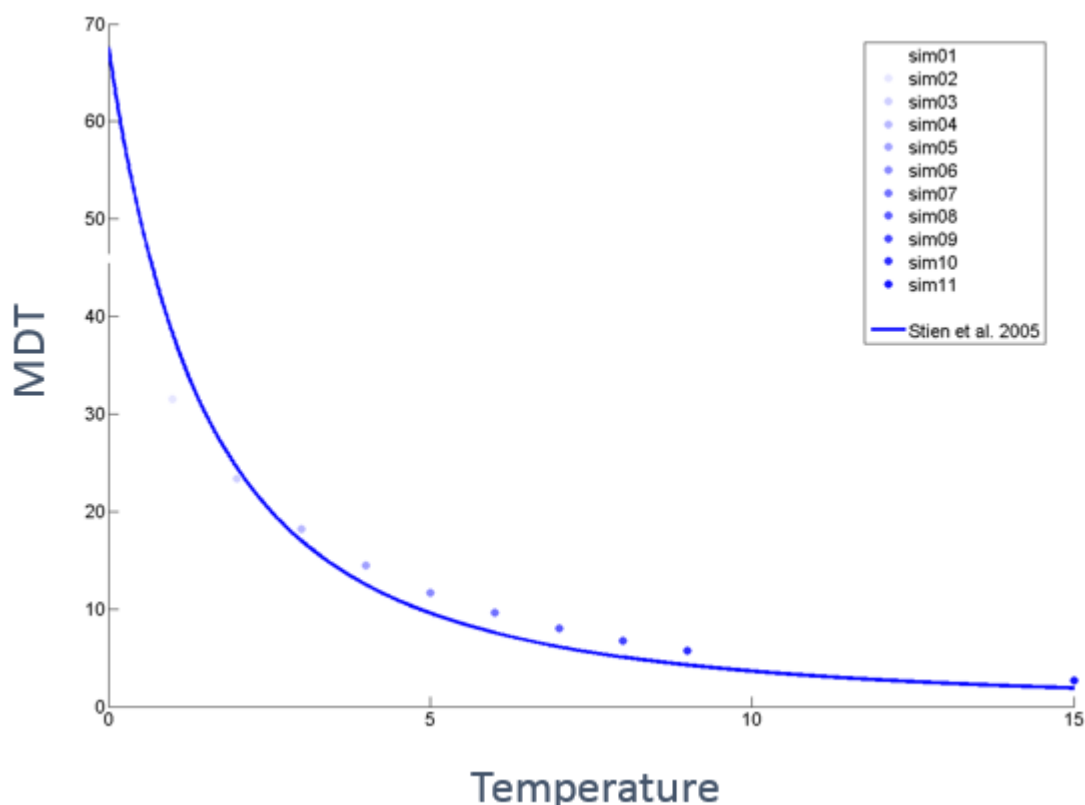
Den partielle differensialligningen (Figur 2) representerer dynamikken til en strukturert populasjonsmodell for *L. salmonis* som baseres på en normalisert utviklingsdimensjon ( $l_d$ ) etter



samme prinsippet som ble anvendt for den stadiefordelte *Calanus*-modellen i SINMOD (Slagstad and Tande, 2007; Alver et al. 2016). Utviklingsraten  $d_T$  beregnes som den omvendte funksjonen av utviklingstid (Wroblewski, 1980) mot temperatur, basert på eksperimentelle forsøksdata (Stien, 2005). Diagrammet øverst på Figur 2 viser fram den numeriske diskretiseringen av utviklingsdimensjonen ( $l_d$ ) hvor utviklingsinkremitter vises som små firkanter. Hvert utviklingsstadium dannes av flere utviklingsinkremitter. For å redusere numerisk diffusjon og samtidig kunne redusere antall av inkremitter, et kjent fenomen knyttet til numerisk diskretisering, implementeres det en "flux limiter" funksjon av typen superbee (Roe, 1986). Figur 3 viser den modellerte ontogenetiske utviklingstiden for 1 grad Celsius intervaller mellom 0-15 °C fra egg til kopepodittstadiet sammenliknet med funksjonen basert på observert utvikling (Stien et al., 2005). Modellen reproducerer målte verdier innenfor den målte variabiliteten.



**Figur 2** Den partielle differensialligningen representerer dynamisk abundans (N) til en strukturert populasjonsmodell som baseres på en normalisert utviklingsdimensjonen ( $l_d$ ). Skjemaet øverst viser fram den numeriske diskretiseringen av utviklingsdimensjonen ( $l_d$ ).

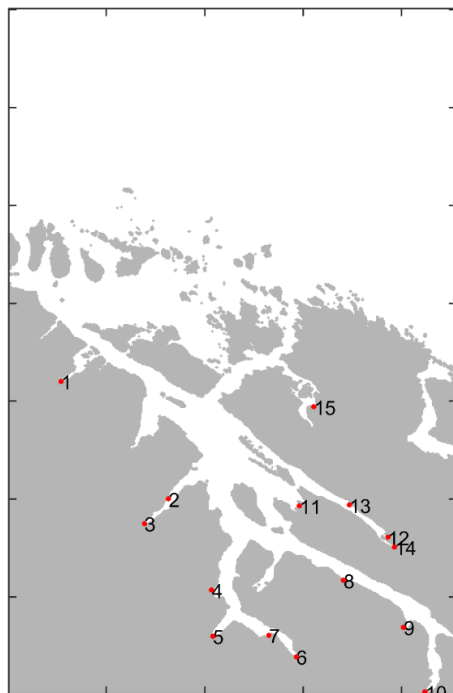


**Figur 3** Sammenligning mellom den målte ontogenetiske utviklingstiden (MDT, antall dager) mot temperatur (°C; Stien et al., 2005) og den simulerte utviklingstiden (blå punkter).

## 2.3 Modell for utvandring av smolt

I prosjektet SALMODIS ble det utviklet en postsmoltmodell for utvandring av postsmolt fra elvene Rauma, Eira og Oselva. Utvandringen modelleres med at postsmolten holder seg i øvre 4 m (Bengt Finstad, personlig kommunikasjon). Videre er postsmolten gitt en svømmehastighet rettet med strømretningen. Denne modellen er nå utvidet til å inkludere postpostsmoltvandring fra 15 vassdrag i Romsdalsfjorden (se Tabell 1) basert på data fra NINA (Fiske mfl., Appendix II). Antall postsmolt som kommer ut i fjorden fra de ulike vassdragene beregnes fra en fordeling der man har en periode med lineær økning av antall postsmolt inntil 50% har kommet ut. I den andre perioden vil antall postsmolt avta, raskt i starten og deretter saktere. Totalt 166000 postsmolt simuleres (som tilsvarer den estimerte populasjonen) og er fordelt på de ulike vassdragene. Tidligere simuleringer fra Eirefjorden har vist at postsmolt har en for rask utvandring i første del. I dette arbeidet har vi implementert en svømmeatferd mot strømmen i 24 timer etter at postsmolten slippes ut i modellen. Dette er for å tilpasse modellen til den observerte adferden der postsmolten bruker litt tid på å svømme ut fra den innerste delen av fjorden (Finstad et al. 2005).

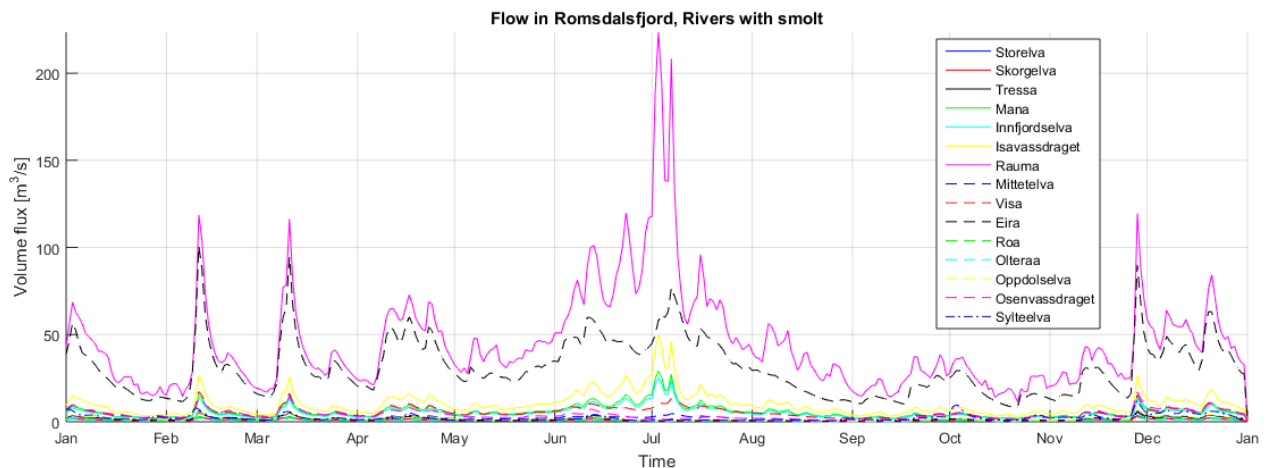
Vi finner at denne metoden gir en god tilpasning til de observerte data for Eira, der Finstad et al. (2005) får en gjennomsnittlig utvandringstid fra fjordsystemet på 240 timer, får vi en median utvandringstid på 249 timer.



**Figur 4** Posisjon for de 15 elvene i Romsdalsfjorden som har postsmolt og er med i disse simuleringene. Totalt er det 28 elver med i simuleringene av dette modellområdet.

Tabell 1 Oversikt over elver med postsmolt og starttidspunkt for utvandring

Elvenr	Vannføring	#smolt	Start	Elvenavn
1	0.8	646	21 4	Storelva
2	0.8	3197	21 4	Skorgelva
3	1.5	5516	21 4	Tressa
4	5.9	7643	21 4	Mana
5	5.1	5784	21 4	Innfjordselva
6	10.0	11926	21 4	Isavassdraget
7	45.0	69884	06 5	Rauma
8	1.9	856	24 4	Mittetelva
9	5.3	4072	24 4	Visa
10	30.8	16750	01 5	Eira
11	0.9	4937	21 4	Roa
12	0.6	798	21 4	Olteraa
13	1.7	5555	21 4	Oppdøselva
14	4.1	19634	21 4	Osenvassdraget
15	2.3	8936	21.4	Sylteelva

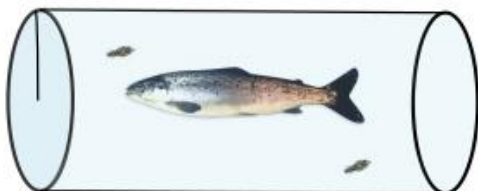


**Figur 5** Vannføring i de 15 elvene som har postsmolt i simuleringen. Rekkefølgen er den samme som for Figur 4. Data er modelldata fra NVE for 2015.

## 2.4 Beregning av påslag av lus på postsmolt

Påslag på postsmolt beregnes ut fra formelen gitt i likning 1 under. Spredningsmodellen for lus gir konsentrasjon av smittsomme kopepoditter ( $Kop \text{ m}^{-3}$ ). For å estimere påslag på postsmolt tar vi utgangspunkt i et volum som passerer postsmolten, se Figur 6. Radius av denne sylinderen er den avstanden man kan anta at lusen kan oppdage og sette seg på postsmolten. Lengden på sylinderen er beregnet på to forskjellige måter avhengig om man analyserer for postsmolt i bur eller utvandrende postsmolt.

$$1. P = \sum_{t=1}^{t=T} Kop \cdot V \cdot f_s, \quad V = Swim * \pi * r^2$$



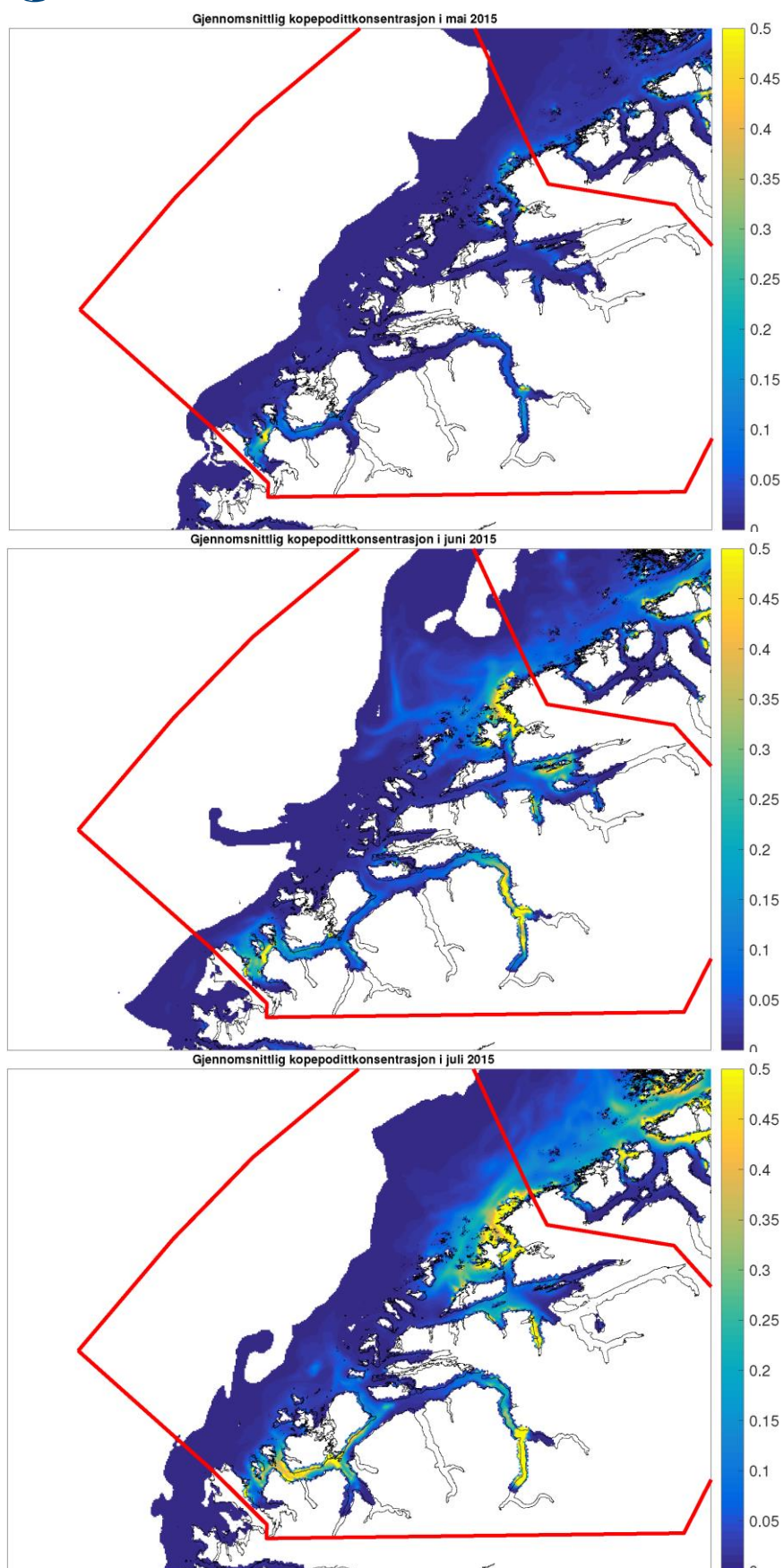
**Figur 6** Skisse av volumet som brukes i beregning av påslag av lus

For utvandrende postsmolt vil lengden være avstanden en postsmolt svømmer relativt til strømmen, dvs. lengden regnes ut fra postsmoltens svømmehastighet. I bur vil denne lengden berignes ut fra strømhastigheten, dvs. ut fra hvor mye vann som passerer buret. I tillegg kan det i det siste tilfellet legges til en liten egenbevegelse. Den siste faktoren er sannsynligheten for at kopepoditten har suksess med å bli sittende. Det beregnes ikke mortalitet utover dette.

## 2.5 Resultater og diskusjon

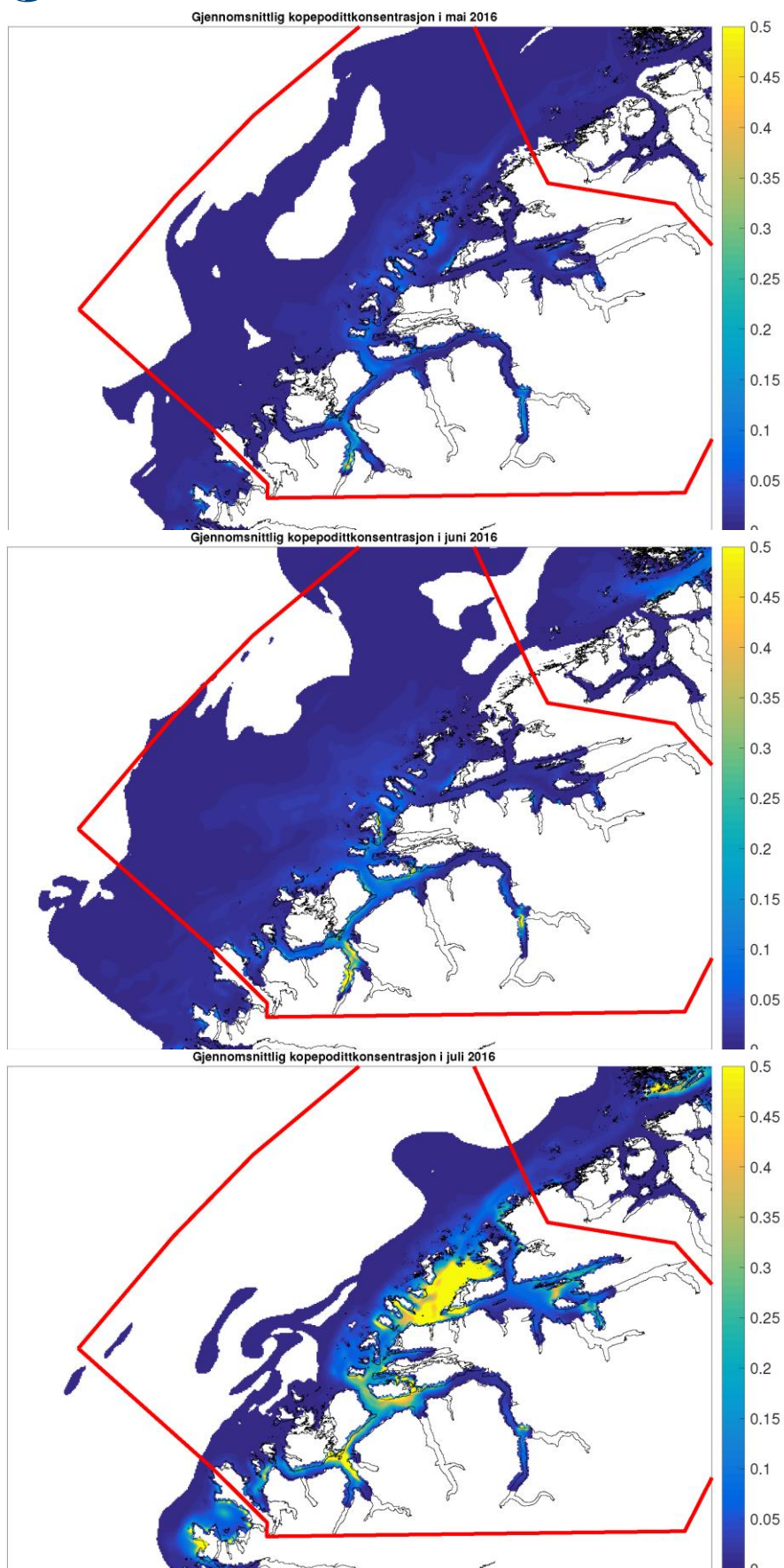
### 2.5.1 Resultat fra 800m for Område 6: Stadt til Hustadvika for 2015 og 2016

Figur 7 og 8 viser gjennomsnittlig fordeling av lus i mai, juni og juli i 2015 og 2016 hhv. fra modell for Midt-Norge med 800m oppløsning. Begge figurene viser at mengden smittsomme kopepoditter i vannmassene øker i perioden fra april til august. Dette vises også i tidsutviklingen av totalmengden kopepoditter i området (Figur 9). Modellen viser også at området med høyeste konsentrasjoner varierer fra år til år, mens det er mindre variasjon mellom månedene for de enkelte år. Det høyeste konsentrasjonene finnes i områdene med størst utslipp. Et viktig usikkerhetsmoment i disse simuleringene er knyttet til usikkerhet i beregnede utslipp av egg fra anleggene. Konsentrasjonen og mengden av lus vil også være sensitiv for hvor stor dødelighet som brukes i modellen.

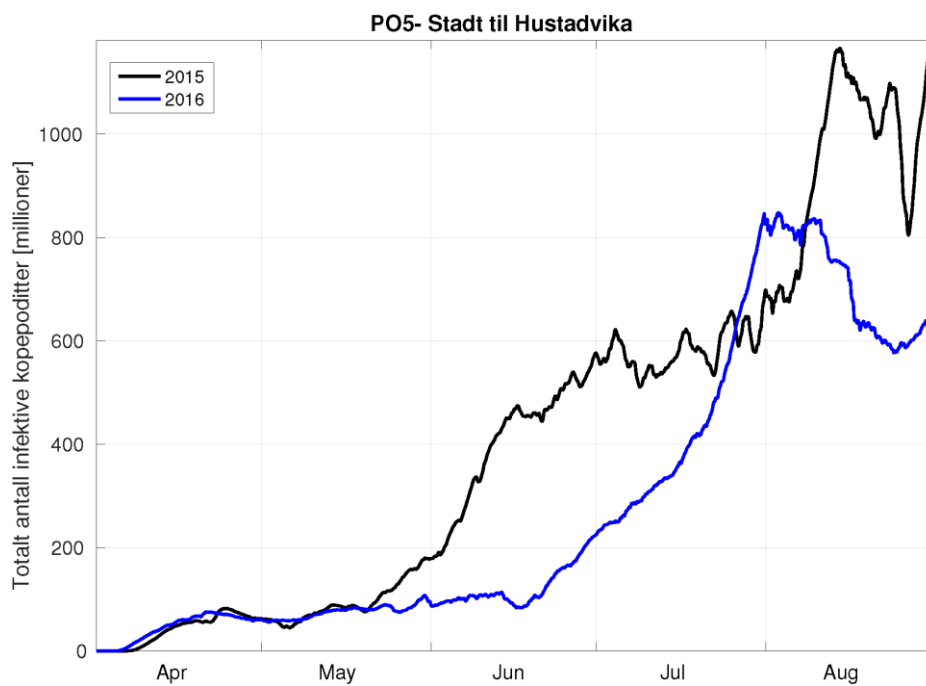


**Figur 7** Gjennomsnittlig kopepodittkonsentrasjon (antall kop.  $\text{m}^{-2}$ ) for 2015 i mai (øverst), juni (i midten) og juli (nederst)





**Figur 8** Gjennomsnittlig kopepodittkonsentrasjon (antall kop.  $m^{-2}$ ) for 2016 i mai (øverst), juni (i midten) og juli (nederst)

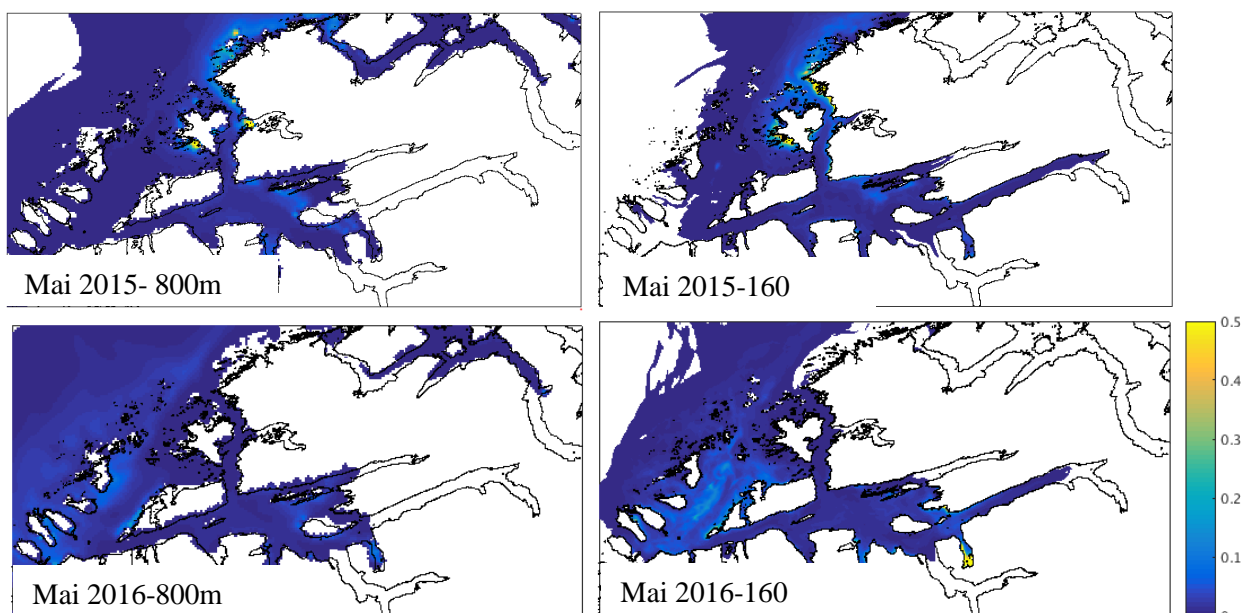


**Figur 9** Tidsserier for 2015 og 2016 av total mengde smittsomme kopepoditter innenfor område 5.

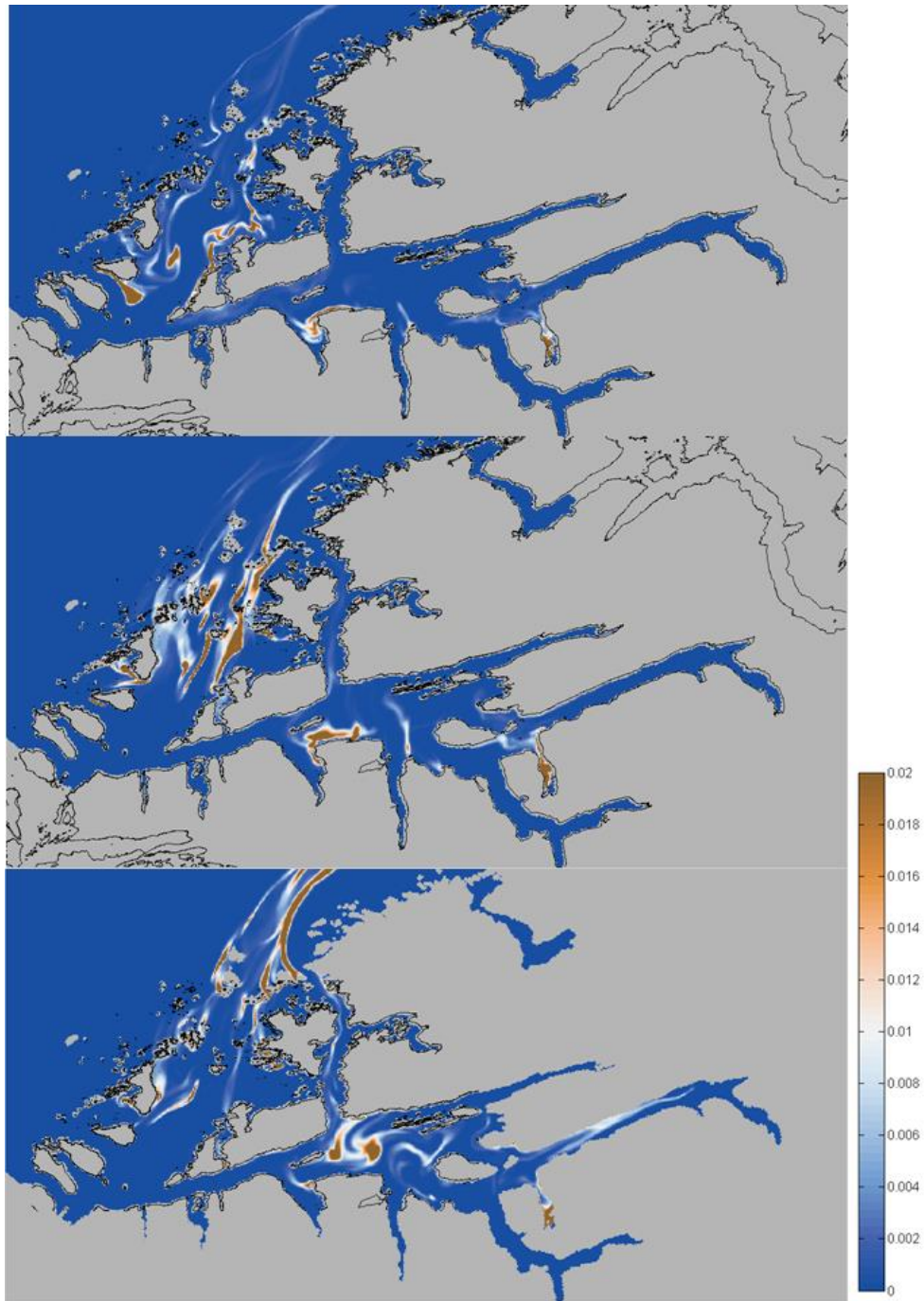


## 2.5.2 Resultat fra 160m simuleringer for Romsdalsfjorden

En romlig oppløsning på 800m forventes å være tilstrekkelig for å simulere realistiske strømforhold langs kysten, men oppløsningen kan bli for grov i kyst- og fjordområder med kompleks topografi. SINMOD er satt opp med både 160 og 800m oppløsning, og resultater med gjennomsnittlig konsentrasjon er vist i Figur 10. Begge modellene viser spredning i de samme områdene. Lokalt kan forskjellene være større. For eksempel er konsentrasjon av kopepoditter lavere langs kysten utenfor Hustadvika i 160 m modellen i 2015. Modell med 160 m oppløsning vil også bedre løse opp dynamikk i stratifiserte fjordområder (Figur 10). Resultatene fra SINMOD viser at kopepodittene samles i fronter og virvler. Den flekkvise fordelingen oppstår som følge av kopepodittenes vertikalladferd. I fronter og virvler er det vertikale bevegelser som drar kopepodittene nedover i vannsøylen. Kopepodittene responderer med å bevege seg oppover mot overflaten. Ettersom luselarvene holder seg i overflaten er vinddreven strøm en annen viktig faktor. Dette kan vi se ut ifra konsentrasjonene som er strekt utover i rom Figur 11 (midterste panel).



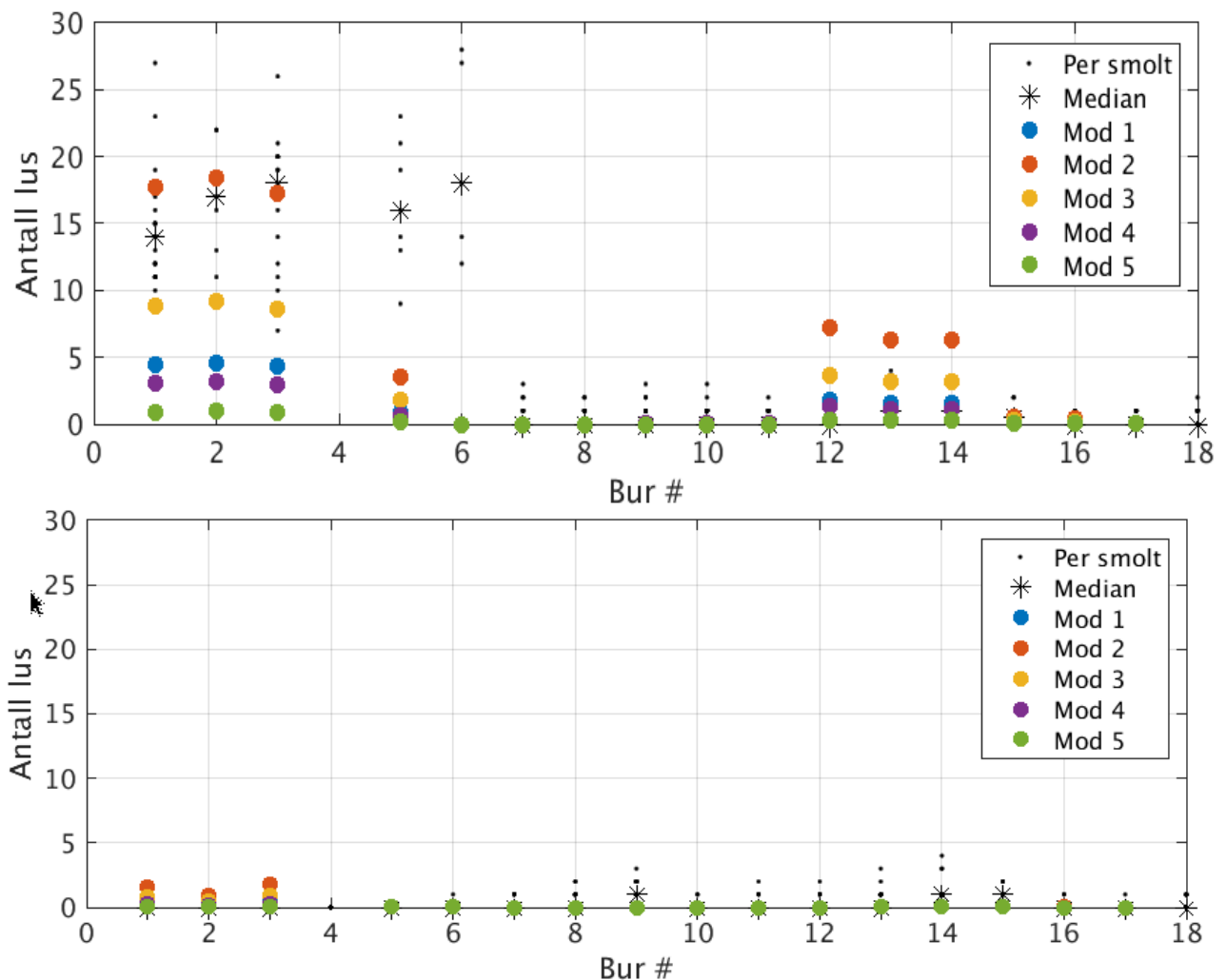
**Figur 10** Gjennomsnittlig konsentrasjon av smittsomme kopepoditter per  $m^{-2}$  simulert for mai 2015 (øverste panel) og mai 2016 (nederste panel) med 800m oppløsning (panel til venstre) og 160m oppløsning (panel til høyre).



**Figur 11** Øyeblikksbilder av fordeling av kopedoditter per m<sup>2</sup> i 2014 fra 10. april (øverst), 11. april (midten) og 12. april (nederst).

### 2.5.3 Påslag bur

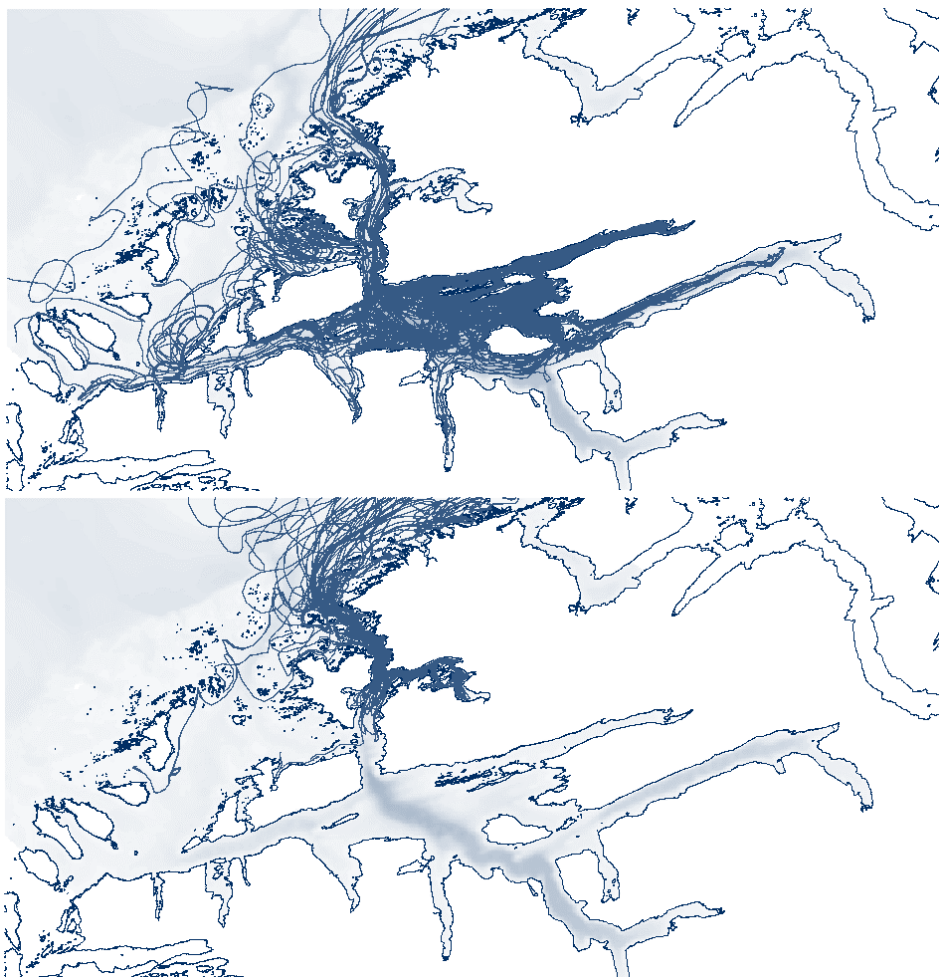
Figur 12 viser resultater og sammenligninger med data fra bur i Romsdalsfjorden for ulike verdier av parametre i ligning 1. Best samsvar med dataene får vi ved å velge 5 cm radius, 60% suksessrate og en egenbevegelse på  $1.5 \text{ cm s}^{-1}$ . Det er samsvar med tidspunkt og sted mellom modell og data, noe som er lovende. Men, datagrunnlaget er litt tynt, og det vil bli gjort videre analyser med tilgjengelige data for å sette parametre og verifisere modellen.



Figur 12 **Resultat for beregning av påslag på postsmolt i bur. Måledata er vist i svart. Modellresultat er vist for ulike valg av parametre: (se ligning 1); Blått:  $r = 5 \text{ cm}$ , faktor= 0.3; Swim= $1.5 \text{ cm s}^{-1}$ ; Rødt: Swim= $1.5 \text{ cm s}^{-1}$ ,  $r = 10 \text{ cm}$ ; faktor = 0.3; Gult: Swim= $1.5 \text{ cm s}^{-1}$ ,  $r = 5 \text{ cm}$ , faktor =0.6; Lilla: Swim= $0 \text{ cm s}^{-1}$ ,  $r = 5 \text{ cm}$ , faktor= 0.3.**

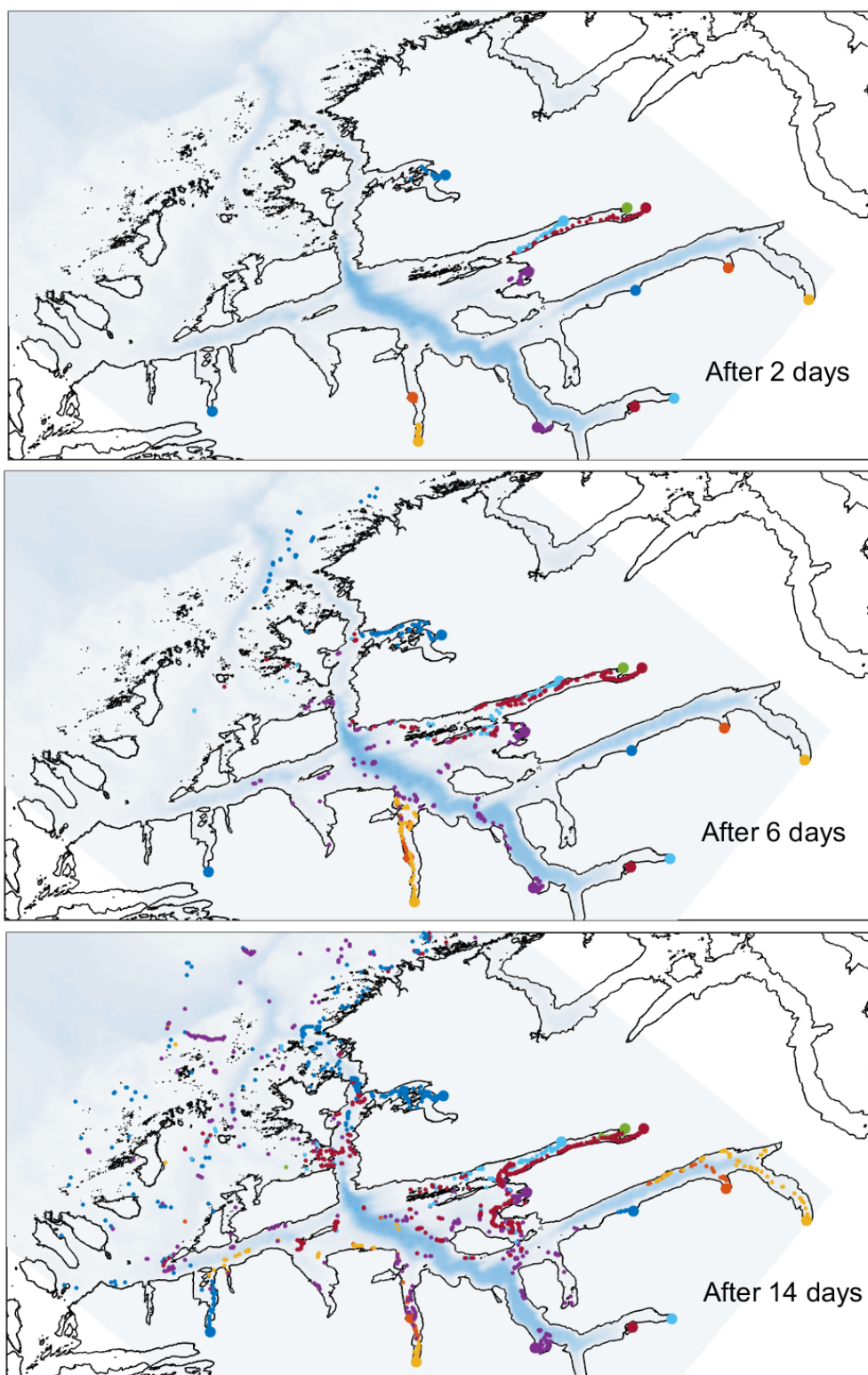
## 2.5.4 Modellering av postsmolt

Figur 13 viser noen modellerte utvandringmønstre for postsmolt fra Isavassdraget og Syltelva og Figur 14 viser utvandringen ved tre tidspunkt. Utvandringen av postsmolt følger strømmen med en gitt svømmehastighet på  $15 \text{ cm s}^{-1}$ . Dette gir en utvandringstid som samsvarer med observasjoner (median på 249 timer mot 240 estimert fra observasjoner, Finstad et al. 2004). Utfordringen med denne metoden er at smolten svømmer med strømmen uansett om den strømmer innover eller utover i fjorden. Postsmolten vil videre følge kyststrømmen når den kommer ut av fjordsystemet (Se Figur 13)). Et alternativ vil være å legge til en adferd der postsmolten foretrekker en retning ut av fjordsystemet og justere egen svømmeaktivitet etter det.



**Figur 13** Eksempler på baner av utvandrende smolt fra Isavassdraget (øverst) og Syltelva (nederst).





**Figur 14** Smoltutvandringen i Romsdalsfjorden, etter 2 (øverst), 6 (midten) og 15 dager (nederst). Elvemunningen til de 15 elvene med smoltutslipp er markert med en stor farget prikk, og smoltindivider er vist med små prikker med farge tilsvarende elven som de kommer fra. Det er forskjell i utvandringstidspunkt mellom elvene, og smoltpopulasjonen pr elv varierer (se Tabell 1). Tiden (2,6 og 14 dager) refererer til starten av utvandringen for de tidligste elvene, slik at etter 6 dager er det fremdeles flere elver hvor utvandringen ennå ikke har startet.

### 2.5.5 Påslag postsmolt

Påslag på postsmolt beregnes som ved bur ut i fra ligning 1. Best overenstemmelse mellom modelldata og burdata fikk vi ved å velge en radius på 5 cm og en suksessfaktor på 0.6. Postsmolten som er modellert beveger seg i retning av strømmen med 1 kroppslengde  $s^{-1}$  (= 15 cm  $s^{-1}$ ). Ved å ta utgangspunkt i 5 cm radius og 0.15 cm  $s^{-1}$  får vi i løpet av en time at smolten eksponeres for lus innenfor et volum på  $V = 4.2 \text{ m}^3$  (se ligning 1). Størrelsen på  $V$  påvirker naturligvis estimatene av lusepåslag. Siden dette så langt er kun basert på innledende analyser har vi valgt å bruke  $V = 2.3$ , som er det samme som brukes av HI i Johnsen og Ådlandsvik (Appendix IV). Vi tar også utgangspunkt i samme tilnærming som i Appendix IV for å beregne hvor stor andel av postsmoltene som dør som følge av lusepåslag; 100 % dødelighet antatt ved påslag av mer enn 6 lus, 50 % dødelighet antatt ved påslag av mellom 4 og 6 lus, 20 % dødelighet ved påslag av mellom 2 og 4 lus, og 0% dødelighet med påslag av 2 lus eller mindre per smolt. Disse tallene er basert på Taranger et al (2014), og man har antatt at postsmolten har en vekt på 20 g. Beregnet dødelighet for bestandene ved tidlig, normal og sen utvandring i 2015 og 2016 er vist i Tabell 2. Normal utvandring er gitt i tabell 1, og med tidlig og sent menes start 10 dager før eller etter, hhv. Påslagene på postsmolten er kun beregnet for perioden de befinner seg inne i fjordsystemet. Resultatene varierer en del mellom de ulike vassdragene og mellom år (Tabell 2). Resultatene er også sensitive for tidspunkt for postsmoltutvandringen. Selv om modellresultatene viser at lusemengden øker utover sesongen, gir ikke dette alltid et økende påslag av lus. Innledende analyser viser at de største påslagene av lus oppstår når postsmoltene passerer områder med store lusekonsentrasjoner (se Figur 11). Postsmolt fra de ytterste vassdragene, f.eks. Storelva, får generelt minst påslag ettersom oppholdstiden i fjorden er kort. Modellresultatene viser derimot relativt store påslag og høy dødelighet for Syltelva i 2015. Dette stemmer med Figur 10 som viser høye konsentrasjoner i områdene fra Frønfjorden og ut. I 2016 var det mindre lus i området og lite påvirkning på bestanden fra Storelva. Dette året er det derimot beregnet veldig høye påslag på postsmolt utvandrende fra Eira, og som gir opp mot 70% dødelighet av bestanden for normal utvandring. Figur 10, som viser månedsgjennomsnitt for mai 2016, viser ikke spesielt forhøyede verdier langs utvandringalternativene. Den høye prosenten skyldes at postsmolten passerer flere bånd med høye konsentrasjoner som ikke kommer frem når man midler over en måneds tid. Det kreves mer arbeid og analyse av disse metodene for å redusere usikkerheten. Det trengs mer måledata for å kunne vurdere hvor gode modellestimatene er. For vurderingen av område 5 i 2016 har vi ikke tatt utgangspunkt i dødeligheten i de enkelte vassdragene, men i % dødelighet for alle 15 vassdragene som ligger mellom 13 og 20% for 2016.

**Tabell 2** Estimert dødelighet av bestandene fra de ulike vassdragene som følge av lus ved modellert tidlig, normal og sen utvandring i 2015 og 2016. Resultatene er kun veiledende ettersom det er store usikkerheter knyttet til metoden. Se for øvrig tekst for diskusjon.

	2015			2016		
	Tidlig	Normal	Sen	Tidlig	Normal	Sen
Storelva	0 %	8 %	5 %	2 %	5 %	12 %
Skorgelva	9 %	16 %	29 %	23 %	46 %	42 %
Tressa	8 %	15 %	29 %	19 %	44 %	41 %
Mana	18 %	9 %	45 %	17 %	46 %	30 %
Innfjordselva	19 %	6 %	37 %	0 %	7 %	4 %
Isavassdraget	30 %	3 %	25 %	1 %	25 %	15 %
Rauma	26 %	9 %	31 %	2 %	28 %	14 %
Mitteelva	22 %	7 %	48 %	9 %	56 %	41 %
Visa	18 %	4 %	38 %	22 %	69 %	39 %
Eira	16 %	10 %	28 %	15 %	69 %	28 %
Roa	29 %	20 %	43 %	7 %	24 %	12 %
Olteraa	23 %	13 %	29 %	0 %	10 %	2 %
Oppdølselva	29 %	11 %	34 %	4 %	14 %	4 %
Osenvassdraget	25 %	9 %	30 %	2 %	9 %	2 %
Syltelva	12 %	39 %	41 %	0 %	0 %	0 %

## 2.6 Referanser

Alver, M. O., et al. (2016). "Validation of an Eulerian population model for the marine copepod *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea." *Journal of marine systems* **160**: 81-93.

Finstad B, Økland F, Thorstad E, Bjørn P, McKinley R (2005) Migration of hatchery-reared Atlantic salmon and wild anadromous brown trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *J Fish Biol* 66:86-96

Karlsen, Ø., Finstad, B., Ugedal, O., Svåsand, T. 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen, Nr. 14-2016, 139 s.

Roe, P.L. (1986), "Characteristic-based schemes for the Euler equations", *Annu. Rev. Fluid Mech.*, **18**: 337–365, [Bibcode:1986AnRFM..18..337R](#), [doi:10.1146/annurev.fl.18.010186.002005](#)

Slagstad, D. and K. S. Tande (2007). "Structure and resilience of overwintering habitats of *Calanus finmarchicus* in the Eastern Norwegian Sea." *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* **54**(23-26): 2702-2715.

Stien A, Bjorn PA, Heuch PA, Elston DA (2005) Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. *Marine Ecology Progress Series* 290:263-275

Taranger GL, Karlsen Ø, Bannister RJ, Glover KA, Husa V, Karlsbakk E, Kvamme BO, Boxaspen KK, Bjørn PA, Finstad B (2014) Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*:fsu132.

Wroblewski, J. S. (1980). "A simulation of the distribution of *Acartia clausi* during Oregon Upwelling, August 1973 " *Journal of Plankton Research* **2**(1): 43-68.





## **Appendiks 9: Fangst og gjenfangst av laks i områder med og uten fiskeoppdrett på Vestlandet i perioden 1992-2015.**

**Harald Sægrov**

**Rådgivende Biologer AS**

### **Oppsummering**

Det er her beregnet fangst i sjø og elv av smoltårsklassene fra 1992-2015 i 13 elver i 5 produksjonssoner for fiskeoppdrett på Vestlandet, der 3 elver på Jæren ligger i et område uten fiskeoppdrett og blir regnet som en upåvirket referanse. Beregningsgrunnlaget er offisiell fangststatistikk som ved hjelp av skjellanalyser er korrigert for innslag av rømt oppdrettslaks, forandringer i sjøalderfordeling og forandringer i fangstfordeling i sjø og elv. Beregnet gjenfangst er basert på en antakelse om at bærenivået for produksjon av laksesmolt har blitt nådd i alle elvene og år. Analysen indikerer høyere dødelighet for laksebestander i alle produksjonssonene sammenlignet med bestandene på Jæren midt på 1990-tallet, og størst dødelighet i 1997. Etter 1998 er det en tendens til høyere dødelighet i sone 3 (Hardangerfjorden og Bjørnefjorden) for flere smoltårsklasser. Dette er en tilnærming med betydelig usikkerhet, og usikkerheten er størst for anslått bærenivå for smoltproduksjon i de enkelte elvene og at dette er nådd alle år. Det er også betydelig usikkerhet knyttet til hvordan beskatningen er fordelt i sjø og elv for de enkelte bestandene. Registreringene utgjør opptil og over 50 % av totalt antall laks i disse bestandene som har overlevd oppholdet i havet, inkludert påslag av lakselus.

### **Introduksjon**

*Den naturlige dødeligheten* er høy for laks i havet, og de fleste laksesmoltene som vandrer ut i sjøen dør før de når tilbake til kysten som voksen laks. Dødeligheten varierer fra årsklasse til årsklasse, og de siste 10 årene er dødeligheten for laks fra Imsa i Rogaland beregnet til rundt 95 %, og enda høyere for enkelte smoltårsklasser (Anon 2016a). På 1970-tallet og utover 1980-tallet var dødeligheten betydelig lavere for laks fra Imsa og Figgjo på Jæren og North Esk i Skottland og fra Imsa (Jonsson og Jonsson 2011, Friedland mfl. 2000). Det er påvist en nær sammenheng mellom laksens overlevelse og tilvekst det første året i havet og det er sannsynlig at begrenset tilgang på føde er en avgjørende faktor (Friedland mfl. 2000). I den tidlige sjøfasen er trolig predasjon fra fugl og større fisk den ultimate dødsårsaken og predatorer antas å forårsake stor dødelighet under vandringen fra elven til kysten. I denne tidlige fasen kan også lakselus være en betydelig dødelighetsfaktor (Skilbrei mfl. 2013, Vollset mfl. 2015).

*Lakselusindusert dødelighet.* I overvåkingsprogrammet av lakselus blir det registrert infestasjon av lakselus på laksesmolt i bur og i trålfangster. Utfra forsøk er det beregnet hvor mange lus en laksesmolt av en gitt størrelse kan ha på seg for at den skal dø av denne påkjenningen eller få subletale effekter. Det er antatt at mesteparten av lakselusen i fjordene kommer fra oppdrettsanlegg, og egg og larver av lakselus spres fra anleggene med strømmen. Antall lakselus i ulike stadier på oppdrettslaksen blir talt jevnlig, og ved hjelp av strømmodeller og registrert temperatur blir det beregnet tetthet av infektive stadier av lakselus i alle områder der det er lakseoppdrett (Nilsen mfl. 2017). Utfra dette er det beregnet infestasjon av lakselus på virtuell laksesmolt og medfølgende dødelighet utfra anslag for vandringsruter og antall og tid for smoltutvandring fra alle lakseelvene. Denne lakselusinduserte dødeligheten kan ikke overføres til dødelighet på bestandsnivå for laks fordi en ikke vet om laksesmolten som blir infisert ville dødd av andre årsaker og eventuelt når.

*Lakselusdødelighet på bestandsnivå, felteksperimenter.* Felteksperimenter har dokumentert at i områder med mye fiskeoppdrett kan infestasjon av lakselus medføre forhøyet dødelighet på utvandrende

laksesmolt og som i neste omgang gjør at det kommer færre voksne laks tilbake enn fra grupper som var beskyttet mot infestasjon (Skilbrei mfl. 2013, Vollset mfl. 2015, Vollset mfl. 2016). Slike felteksperimenter har bare blitt gjennomført for et fåtall laksebestander og i de fleste produksjonsområder er dødelighet på bestandsnivå som er forårsaket av lakselusinfestasjon ukjent.

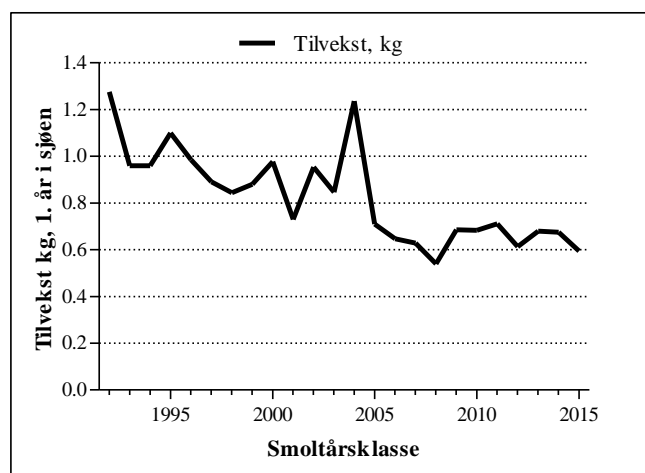
*Dødelighet på bestandsnivå i områder med og uten fiskeoppdrett.* En alternativ tilnærming til felteksperimenter er å bruke den offisielle fangststistikken til å beregne fangst og gjenfangst av laks i ulike produksjonsområder og sammenligne med fangst og gjenfangst for laksebestander i områder uten fiskeoppdrett. Det er antatt at laksebestandene på Jæren i Rogaland er lite eller ikke påvirket av lakselus siden det er lite oppdrettsaktivitet i området og det er heller ikke registrert høye infestasjoner av lakselus på villfisk i dette området (Kålås mfl. 2012). Bestandsutviklingen for laks fra Jærelvene kan dermed brukes som en upåvirket referanse til å synliggjøre lakselusrelatert dødelighet for laksebestandene mellom Jæren og Sunnmøre, et område med omfattende oppdrett av laks. Sammenligningen er basert på fangstdata (SSB) i enkeltelver og på fylkesnivå i sjøfisket fra perioden 1993-2016. Det er inkludert bestander i alle produksjonsområdene på Vestlandet, men det er bare et fåtall bestander å velge mellom i hvert område fordi mange elver har vært stengt for fiske. I andre områder er bestander i en gjenoppbyggingsfase etter forsøringsproblemer (sør og midt på Vestlandet), eller infestasjon av *Gyrodactylus salaris* med etterfølgende rotenonbehandling (midt og nord på Vestlandet). På tross av at det er et lavt antall bestander som kan brukes og store usikkerheter, kan denne tilnærmingen likevel gi et grunnlag for å sammenligne samlet dødelighet for laks i hele sjøfasen, og gi en grov indikasjon på om det er forhøyet dødelighet for laks i områder med mye fiskeoppdrett og mye lakselus på oppdrettslaksen i utvandningsperioden for vill laksesmolt.

## Metode

*Samlet fangst som voksen laks av en smoltårsklasse* er beregnet separat for hver sjøaldergruppe for hver bestand. Det er korrigert for innslag av rømt oppdrettslaks basert på skjellanalyser der slike foreligger, og når ikke slike fins er det benyttet regionvise anslag som er oppgitt av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (Anon 2016b). En smoltårsklasse blir gjenfanget i sjøen eller elva etter å ha vært henholdsvis 1, 2 og 3 eller flere år ute i havet. Andelen i hver sjøaldergruppe varierer mellom bestander og et enkelt gen forklarer ca. 40 % av denne variasjonen (Barson mfl. 2015). For å beregne samlet fangst av en smoltårsklasse er fangsten av denne årsklassen summert over 3 år, eller i noen tilfelle 4 år.

*Variasjon i tilvekst første år i havet.* Friedland mfl. (2000) påviste en god sammenheng mellom overlevelse til laks og tilvekst det første året i havet for 1-sjøvinter laks fra Figgjo på Jæren og laks fra elva North-Esk i Skottland. Laksesmolt fra elver i Sør-Norge har en gjennomsnittslengde på 13 cm ved utvandring, og vekten er i underkant av 20 gram. Skjellanalyser av laks fanget i mange elver på Vestlandet i perioden 1999 til 2016 viser at 1-sjøvinterlaks fra de ulike elvene vokser like mye i løpet av det første året i sjøen, men også at tilveksten varierer mellom år (Urdal 2016 a,b,c).

**Figur 1.** Gjennomsnittlig tilvekst (kg) det første året i sjøen for 1-sjøvinter laks fra mange elver på Vestlandet av smoltårsklassene fra perioden 1998 til 2015, for smoltårsklassene fra 1992-1997 er det bare data fra en elv (Suldalslågen).



I perioden 1992 til 2004 varierte tilveksten det første året i havet mellom 0,75 og 1,3 kg, de fleste årene vokste laksene mellom 0,8 og 1,0 kg (**figur 1**). Etter 2005 har tilveksten vært tydelig dårligere og har variert mellom 0,6 og 0,7 kg. I den første perioden økte vekten med 45 ganger i løpet av den første vekstsesongen, i den siste perioden med ca. 30 ganger.

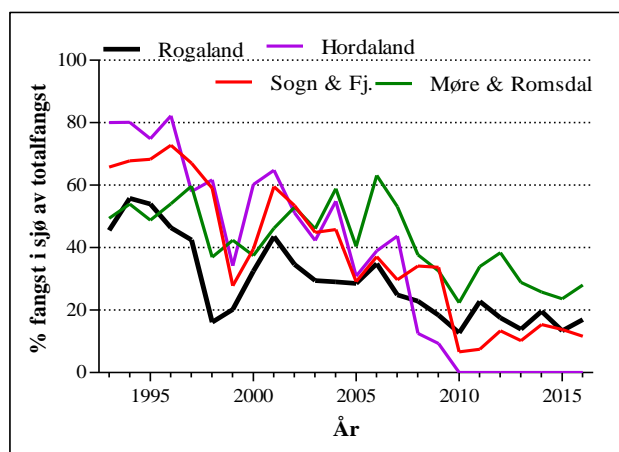
*Korrigerings for variasjon i tilvekst og sjøalder.* I den offisielle fangststatistikken (SSB) er laksefangsten delt i tre vektgrupper; < 3kg, 3-7 kg og > 7 kg. Frem til 2005 skilte disse vektkategoriene relativt godt mellom laks som hadde vært henholdsvis 1, 2 og 3 år eller mer i sjøen. Redusert vekst i sjøen etter 2005 medførte at en økende andel av laksen som hadde vært 2 år i sjøen var under 3 kg når den ble fanget. Tilsvarende økte andelen av 3-sjøvinterlaks som var under 7 kg (Skilbrei mfl. 2013, Jonsson og Jonsson 2015). Basert på alder og vekstberegninger for et høyt antall laks fanget i perioden 1993-2016 (Urdal 2016 a,b,c), er fangsten korrigert i henhold til forandringene i vekst og vektkategori plassering for hver smoltårsklasse fra alle elvene som inngår i denne analysen.

*Korrigerings for endring i sjøbeskatning.* Det blir fanget laks i kilenøter sjøen. Sjøbeskatningen har avtatt i alle fylkene på Vestlandet i perioden 1992-2016, men i ulik grad (**figur 2**). Midt på 1990-tallet ble mellom 50 og 80 % av samlet laksefangst tatt i sjøfisket, siden 2010 har andelen fanget i sjøen variert mellom 0 og 35 %. Det har vært størst reduksjon i andel fanget i sjøen i Hordaland, fra 80 % midt på 1990-tallet til 0 % etter 2010.

Reduksjonen i andel fanget i sjøen og forskjellen mellom fylkene er korrigert for i beregnet totalfangst i den enkelte elv, men det er ikke mulig å korrigere for potensielt forskjellig beskatningsmønster av den enkelte bestand innen hvert fylke. I tillegg kan fisk fra en bestand bli fanget i sjøfisket i et annet fylke enn der elven ligger. Maskeviddebegrensingene i kilenøtene gjør at de minste laksene har lavere fangstsannsynlighet enn de som er større, men her ble det gjort samme korrigerings for sjøfangsten med hensyn til aldersfordeling i vektgrupper som for elvefangsten.

Forandringen i fordeling av fangst mellom sjø og elv betyr at sikkerheten i beregning av innsiget av laks kan være forandret. Midt på 1990-tallet var det høyere total beskatning og en større andel av bestanden ble kontrollert. På den andre siden ble en høyere andel fanget i blandingsfisket i sjøen, noe som gir betydelig usikkerhet. Når en høy andel av fisken blir fanget i elva er det høyere sannsynlighet for at fisken hører hjemme der. Ved sammenligning av samlet laksefangst mellom år innen elv og mellom elver er det antatt samme beskatning i elvefisket, med det er kjent at denne varierer mellom år og elver (Hellen mfl. 2004, Skoglund mfl. 2016). Svært lav vannføring i elva i fiskesesongen kan medføre lav beskatning, som i 2014 i midtre og nordlige elver på Vestlandet.

**Figur 2.** Andel (%) av samlet laksefangst som er blitt fanget i sjøen i de fire Vestlandsfylkene i perioden 1993-2016



*Bærenivå for smoltproduksjon.* I forbindelse med utarbeidelse av gytebestandsmål ble det anslått bærenivå for produksjon av laksesmolt i elvene (Hindar mfl. 2007, Anon 2016a). I beregninger av gjengefangst av de ulike smoltårsklassene og elvene er det antatt konstant produksjon av laksesmolt på bærenivået for hver elv. Dette forutsetter at det har vært tilstrekkelig med gytefisk i elva til at bærenivået for smoltproduksjon kunne bli nådd. Dette var ikke tilfelle i forsurede elver i Ryfylke eller i Uskedalselva på 1990-tallet og heller ikke i Valldalselva (sone 5) på grunn av rotenonbehandling. Disse

elvene ligger i områder med mye lakseoppdrett, og det var fåtallige gytebestander sent på 1990-tallet. Det skjedde likevel en kraftig bestandsøkning tidlig på 2000-talet. Også andre forhold kan medføre redusert smoltproduksjon. I Etneelva var det i desember 2005 en storflom etter at laksen hadde gytt. Ungfiskundersøkelser høsten 2008 indikerte at dette medførte redusert produksjon av smoltårsklassene som var gytte som egg høsten 2005. Flommen kan ha medført redusert smoltutvandring i årene 2006-2009, og trolig med størst reduksjon i utvandringen i 2008 (Urdal mfl. 2009).

*Andre påvirkninger.* I løpet av perioden fra 1992 til 2015 har det skjedd en forbedring i forsuringssituasjonen på Vestlandet og en del elver er blitt kalket. Disse endringene har medført økt smoltproduksjon og smoltoverlevelse i noen av elvene som er inkludert i denne analysen. I noen elver, spesielt i produksjonsområde 5, var mange laksebestander infisert av *Gyrodactylus salaris* og ble rotenonbehandlet. I perioden med reetablering var smoltproduksjonen lavere enn bærenivået. I de tre elvene på Jæren har det vært god vannkvalitet. Mange bestander i Ryfylke (produksjonssone 2) har vært påvirket av forsuring og blir kalket, og det har vært omfattende utsettinger av laksesmolt i noen elver (Årdal og Suldalslågen), i dette området er derfor bare Vorma inkludert i analysene. I sone 3 er elvene Etne, Uskedal og Oselva inkludert. I Uskedalselva var det ikke rekruttering av laks i en lang periode inntil 2000, men da ble vasskvaliteten så god at lakseegg og lakseunger kunne overleve. Etter dette skjedde det en rask økning i bestanden (**tabell 1**), og for denne elva er smoltårsklassene fom. 2005 inkludert. I Etneelva har det etter 2009 bare vært åpnet for ordinært laksefiske i to av årene, og smoltårsklassen fra 2008 er derfor den siste (og denne er usikker) som er med i analysen. I denne sonen er det få andre aktuelle kandidater på grunn av at de fleste elvene har vært stengt for fiske. Sone 4 dekker flere fjordsystemer og i den sørlige delen har en del elver vært utsatt for forsuring. Det har vært omfattende utsettinger av laksesmolt i noen elver og på 1990-tallet ble laksen i Lærdalselva, smittet av *Gyrodactylus salaris* og er blitt behandlet i flere omganger. I sone 4 er det derfor tatt med bare tre bestander i analysen. Ervikelva på Stad ligger i denne sonen og det er beregnet fangst for laksebestanden i denne elva fordi den munner ut i havgapet, men på grunn av beliggenheten er den er ikke tatt med i gjennomsnittet for sonen. I produksjonssone 5 er det inkludert 2 laksebestander på Sunnmøre. Den ene av disse er i Valldalselva som ble behandlet med rotenon pga. *Gyrodactylus salaris* og fangsten av laks på 1990-talet var påvirket av dette.

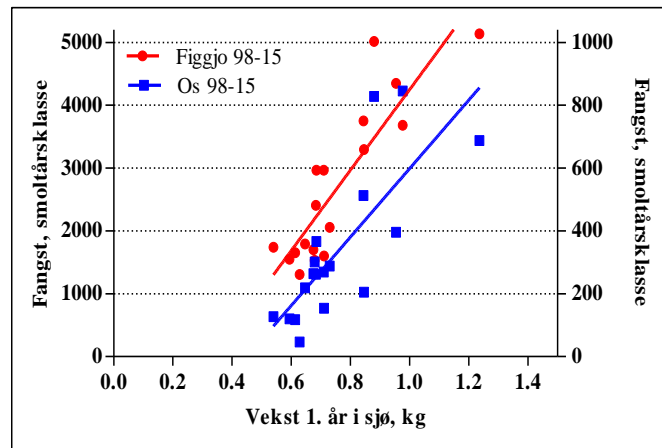
Med de ovenstående korrigeringsene og er det beregnet fangst av villaks i sjø og elv av smoltårsklassene fra perioden 1992-2015 i 13 elver i 5 produksjonsområder på Vestlandet (**tabell 1**). Vi kan grovt regne at 50 % av laksen som går opp i elva blir fanget i fiskesesongen, men vanligvis blir en høyere andel av smålaksen fanget sammenlignet med større laks (Sættem 1995, Hellen mfl. 2004). I mange elver foreligger det tall fra gytefisktelinger (Skoglund mfl. 2016) og i disse elvene er en meget høy andel av bestanden av voksne laks registrert. En kan derfor regne at minst 50 % av overlevende voksne laks som kommer inn til kysten av hver smoltårsklasse fra alle årsklassene fra perioden 1992-2014 i alle elvene er registrert, med unntak av 2015-årsklassen der mange fortsatt er ute i havet. Merk at gytebestandene i elvene om høsten kommer i tillegg til de som er blitt fanget. Samlet overlevelse er altså høyere enn beregnet fangst, og reduksjonen i sjøfisket har medført at en høyere andel av bestanden overlever frem til gyting sammenlignet med perioden da beskatningen var høyere i sjøen (Anon 2016a).

Det er betydelig grad av usikkerhet knyttet til denne tilnærmingen. Beregningen av antall laks som er fanget er mest usikre for sjøfangsten. Voksne laks vandrer langs kysten og kan bli fanget i et annet fylke enn der han hører hjemme. Videre medfører størrelsesselektiv fangst i kilenøter på grunn av maskeviddebegrensinger at de minste laksene i vektgruppen under 3 kg har lavest fangstsannsynlighet, noe som ikke er korrigert for her. Dette påvirker beregningene både for fangst og gjenfangst, i tillegg kommer at beskatningen i elven varierer mellom elver og år, og fangbarheten er påvirket av fiskestørrelse- og alder (Hellen mfl. 2004). Beregnet gjenfangst er avhengig av smoltestimatene som er svært usikre i mange elver. Det er videre usikkert i hvilken grad bærenivået er oppfylt i alle elvene alle år, og det er videre sannsynlig at bærenivået varierer innen elv mellom år i forhold til fysiske forhold som temperatur og vannføring.

## Resultater og diskusjon

*Fangst av laks og tilvekst.* For smoltårsklassene fra perioden 1998-2015 var det en signifikant sammenheng ( $p < 0,0001$ ) mellom fangst av Figgjolaks og tilvekst det første året i havet for 1-sjøvinterlaks ( $r^2$ ; 0,76), og tilsvarende for Oselva ( $r^2$ ; 0,61) (**figur 3**). Dette tilsier at vekstvilkårene i havet forklarer en god del av variasjonen i overlevelse og fangst av smoltårsklassene fra 1998-2015. I perioden 2005-2015 har det vært stabilt dårlig vekst i havet (**figur 2**) og i samme periode var det også relativt lav fangst av laks i elvene på Jæren sammenlignet med foregående periode da veksten var bedre (**tabell 1**). Merk også at alder ved kjønnsmodning økte i alle bestandene fom. 2005, noe som er korrigert for. Endring i sjøalder er også vist for laks fra Imsa (Jonsson mfl. 2016).

**Figur 3.** Samlet fangst (sjø og elv) av laks fra smoltårsklassene fra perioden 1998 til 2015 i Figgjo (rød) og Oselva (blå) mot tilvekst det første året i havet for 1-sjøvinter laks av de samme smoltårsklassene.



Det er antydnet at variasjon i postsmolt overlevelse av den øst-atlantiske bestandsgruppen av laks er koblet til variasjon i predasjonstrykk og størrelsesrelatert dødelighet om sommeren. Denne er videre relatert til AMO (Atlantic Multidecadal Oscillation), og dødeligheten øker, noe uventet, med økende sommertemperatur (Friedland mfl. 2014)

*Bestandsstørrelse.* Hver av de tre referansebestandene på Jæren er tallrike, med beregnede fangster på 4622 til 5763 individ som maksimum for årsklassene fra perioden 1992 til 2015, gjennomsnittsfangsten for flere årsklasser ligger typisk på ca. halvparten av maks. fangst (**tabell 1**). Også Nausta i Sogn og Fjordane har en tallrik laksebestand med beregnet maks. fangst på over 4000. For de øvrige bestandene er maksimum fangst beregnet til 325 i Uskedalselva som det laveste til 1572 i Etneelva.

*Fangst av laks pr. areal.* Uttrykt som fangst pr. hektar smoltproduserende areal (Anon 2016a), er det høyest maksimum fangst i Loneelva på Osterøy og i Ervikelva på Stad. Det er også høye fangster pr. areal i referanseelvene på Jæren, i Vorma, i Nausta og i Åheimselva (**tabell 1**). I de andre elvene som ligger lenger inne i fjordene er fangsten lavere pr. areal. Uskedalselva utmerker seg med lav fangst pr. areal, men denne bestanden er i en oppbyggingsfase og bærenivået for smoltproduksjon er trolig ikke nådd. Også i Eidselva er det lav fangst pr. areal, men i denne bestanden er det høyere sjøalder ved kjønnsmodning sammenlignet med de andre bestandene og laksen er utsatt for høyere dødelighet i sjøen på grunn av lengre oppholdstid.

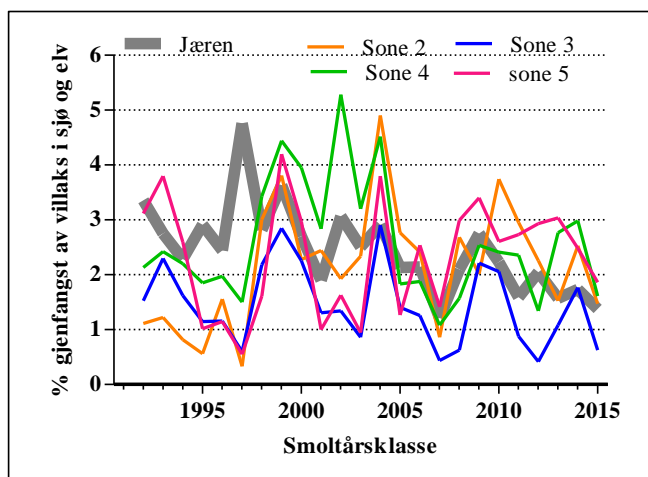
**Tabell 1.** Gytebestandsmål, lakseproduserende elveareal (hektar) og anslag for produksjon av laksesmolt (Anon 2016a) og beregnet fangst av villaks i sjø og elv av smoltårsklassene fra perioden 1992-2015 i 13 elver i 5 produksjonsområder på Vestlandet, og der tre elver på Jæren (grå farge) er regnet som referanse i et område uten fiskeoppdrett. Merk at av årsklassene fra 2014 og 2015 er det fremdeles laks ute i havet. For disse årsklassene er total fangst beregnet utfra relativ fangst av de ulike sjøaldergruppene i foregående smoltårsklasser og beregningen for 2015-årsklassen er derfor svært usikker. Fangst av smoltårsklassene fra 2012 og 2013 i Eidselva er noe oppjustert på grunn av svært lav vannføring i fiskesesongen i 2014 (blå), og tilsvarende er 2002-årsklassen fra Åheim justert. I Vormo er smoltproduksjonen oppjustert fra 10875 til 20000 basert på fangst av smoltårsklassene fom. 1998.

Prod. sone Elv	1		2		3			4				5	
	Ogna	Håelva	Figgjo	Vorma	Etne	Uskedal	Os	Lone	Nausta	Eid	Ervik	Åheim	Valldal
Areal, ha	28,08	44,01	54,27	10,87	28,90	20,00	15,50	3,69	40,00	55,32	4,47	5,86	16,96
Vassføring, m <sup>3</sup> /s	6,6	7,3	7,8	7,9	21,7	4,4	5,1	5,4	20,6	22,8	2,2	16,8	4,9
Gytebest.mål, kg	1162	1821	2246	300	1025		425	153	2171	763	123	468	808
Smoltproduksjon	80875	100337	143295	20000	54991	9675	27731	8874	72403	33191	5351	15608	25775
<b>Smoltår</b>													
1992	3031	3841	3577	241	1359		165	212	1461	658	93	487	
1993	3133	2265	3025	265	1524		505	101	2216	1014	192	593	106
1994	2053	1901	3497	178	1359		212	224	1422	702	61	407	24
1995	2616	3167	3334	122	652		310	227	1021	521	99	159	55
1996	2464	1854	3488	339	1028		125	69	2636	491	171	180	58
1997	4622	5763	4043	72	438		114	145	1215	394	91	86	54
1998	2354	2930	3750	656	1380		513	382	2889	658	131	251	82
1999	2624	4166	5017	828	1489		828	365	4412	1032	164	655	180
2000	1982	3105	3679	496	804		845	463	2314	1140	229	519	676
2001	1784	2079	2055	531	870		288	438	1655	436	351	126	306
2002	2071	3622	4347	419	683		396	1004	1698	729	290	150	592
2003	2440	2214	3295	510	544		205	395	1973	798	149	159	225
2004	1965	2712	5139	1065	1572	325	688	586	2815	1018	476	955	383
2005	1555	2400	2968	603	1214	101	269	257	783	504	280	297	161
2006	2397	2213	1790	524	959	120	219	249	1168	403	209	660	218
2007	1657	684	1306	187	388	45	46	92	556	477	85	235	341
2008	2211	2350	1739	582	273	91	127	175	1121	389	302	691	398
2009	3608	1737	2968	440		299	366	253	1441	917	657	794	441
2010	2609	1778	2406	814		306	262	281	1568	633	527	462	582
2011	1440	1875	1600	641		116	154	338	1550	372	514	583	447
2012	2513	1908	1654	491		40	117	182	955	212	339	608	507
2013	2146	992	1532	332		104	301	336	1874	641	973	567	630
2014	1856	1700	1700	550		250	264	269	2210	950	1030	410	600
2015	1500	1200	1550	320		80	120	170	800	600	650	400	300
Snitt 92-97	2986	3132	3494	203	1060		238	163	1662	630	118	318	59
Snitt 98-15	2151	2204	2694	555	925	156	334	346	1766	662	409	473	393
Maks. fangst	4622	5763	5139	1065	1572	325	845	1004	4412	1140	1030	955	676
Maks. fangt/ha	165	131	95	98	54	16	55	272	110	21	230	163	40

*Gjenfangst.* Produktiviteten (laksesmolt/areal) varierer mellom elver og for å sammenligne fangst over tid innen bestander og mellom bestander vil gjenfangst av laks være det beste uttrykket, altså beregnet fangst delt på anslått smoltproduksjon. I de tre referanseelvene på Jæren var det smoltårsklassen fra 1997 som gav høyest gjenfangst med 4,8 % (**tabell 1, figur 4**). For de andre smoltårsklassene fra perioden 1992 til 2004 lå gjenfangsten mellom 2,5 og 3,5 %. Fra 2011 til 2015 avtok gjenfangsten i referanseelvene, og var nær halvert sammenlignet med gjenfangstene på 1990-tallet. I de andre sonene utmerker årsklassene fra 1999, 2004 og 2009 seg med relativt høye gjenfangster.

Årsklassene fra perioden 1995-1997 og spesielt den fra 1997 gav lav gjenfangst i alle sonene sammenlignet med referanseelvene på Jæren og årsklassene fra 2001-2003 i sone 3 og 5. Deretter er det relativt liten forskjell på gjenfangsten i de ulike sonene, unntatt sone 3.

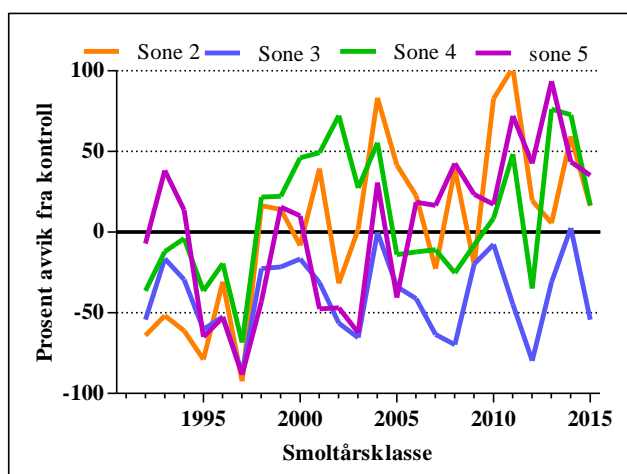
**Figur 4.** Beregnet gjennomsnittlig gjenfangst i sjø og elv av smoltårsklassene fra perioden 1992-2015 i utvalgte elver i fem produksjonssoner på Vestlandet (se tabell 1). På Jæren er det ikke lakseoppdrett og blir her regnet som upåvirket referanse. Merk at Figgjo ligger i sone 2, men er regnet som en av referanseelvene og inngår ikke i snittet for sone 2. Tilsvarende er Ervikelva ikke medregnet i sone 4.



Gjenfangst kan også uttrykkes som avvik i prosent fra referansebestandene på Jæren (**figur 5**). I denne framstillingen blir avviket i sone 3 mer tydelig. Lav gjenfangst i sone 3 av årsklassene fra 2006-2008 kan delvis skyldes flommen i Etne høsten 2005, og selv om den lave gjenfangsten av årsklassene fra 2012 og 2013 i noen grad kan forklares med vannføringsforholdene i fiskesesongen i 2014 «mangler» det gjennomgående mer laks i sone 3 enn i de andre områdene.

Hele perioden sett under ett er det en tendens til ekstra dødelighet i alle sonene på 1990-tallet sammenlignet med bestandene på Jæren. Det var svært lav gjenfangst av årsklassen fra 1997 i alle sonene utenom på Jæren som hadde toppfangst av denne smoltårsklassen.

**Figur 5.** Avvik (%) i gjenfangst i 4 produksjonsområder for smoltårsklassene 1992-2015 av laks sammenlignet med gjennomsnittet av 3 referansebestander på Jæren. Merk at Figgjo ligger i sone 2, men er regnet som en av referanseelvene og inngår ikke i snittet for sone 2. Tilsvarende er Ervikelva ikke medregnet i sone 4.



På 1990-talet ble det registrert omfattende prematur tilbakevandring av sjøaure med svært høye infestasjoner av lakselus, og det ble påvist en sammenheng mellom infestasjonsnivå og avstand til oppdrettsanlegg. Etter 2000 har det ikke blitt påvist like høye infestasjoner på prematurt tilbakevandret sjøaure (Kålås mfl. 2012 og referanser i denne), selv om produksjonen av oppdrettslaks har økt mye og oppdrettsanleggene ligger tettere (Karlsen, Finstad, Ugedal og Svåsand, red. 2016). Det er et markert skille i relativ gjenfangst i områder med og uten oppdrett fra perioden før 1997 og perioden fom. 1998 til 2015. Dette skillet sammenfaller tidsmessig med at det ble tatt i bruk nye og mer effektive avlusingsmidler i 1998/1999 (Kålås mfl. 2012). Det er derfor nærliggende å konkludere med at lave gjenfangster av smoltårsklasser av laks på 1990-tallet tom. 1997 i områder med lakseoppdrett skyldes høy dødelighet på grunn av lakselusinfestasjoner på utvandrende laksesmolt. Av smoltårsklassene av laks som vandret ut fra elvene i 1998 og senere har det vært klart mindre forskjell i gjenfangst av laks fra områder med oppdrett sammenlignet med områder uten oppdrett.

## Referanser

- Anon. 2016a. Status for norske laksebestander i 2016. Rapport fra Vit. råd for lakseforvaltning nr. 9, 190 s.
- Anon. 2016b. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 9b, 849 s.
- Barson, N, T. Aykanat, K. Hindar et. al. 2015. Sex-dependent dominance at a single locus maintains variation in age at maturity in Atlantic salmon. *Nature* 528: 405-408.
- Friedland, K.D., L.P. Hansen, D.A. Dunkley & J.C. Maclean 2000. Linkage between ocean climate, post-smolt growth, and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the North Sea area. *ICES Journal of Marine science* 57:419-429.
- Friedland, K.D., B.V. Shank, C.D. Todd, P. Mcginnity & J.A. Nye 2014. Differential response of continental stock complexes of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to the Atlantic Multidecadal Oscillation. *Journal of Marine Systems* 133:77-87.
- Hellen, B.A., S. Kålås & H. Sægrov 2004. Gytefiskteljinger på Vestlandet i perioden 1996 til 2003. Rådgivende Biologer AS, rapport nr. 763, 21 sider.
- Hindar, K., O. Diserud, P. Fiske, T. Forseth, A.J. Jensen, O. Ugedal, N. Jonsson, S.-E. Storeid, J.-V. Arnekleiv, S.J. Saltveit, H. Sægrov & L.M. Sættem 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226, 78 s.
- Jonsson, B. & N. Jonsson 2011. Ecology of Atlantic salmon and brown trout. Habitat as a template for life histories. *Fish & Fisheries Series* 33, 708 s.
- Jonsson, B., N. Jonsson & J. Albretsen 2016. Environmental change influences the life history of salmon *Salmo salar* in the North Atlantic Ocean. *Journal of Fish Biology* 88(2):618-637.
- Karlsen, Ø., B. Finstad, O. Ugedal & T. Svåsand, red. 2016. Kunnskapsstatus som grunnlag for kapasitetsjustering innen produksjonsområder basert på lakselus som indikator. Rapport fra Havforskningen nr. 4-2016.
- Kålås, S., G.H. Johnsen, H. Sægrov & K. Urdal 2012. Lakselus på Vestlandet fra 1992 til 2010. Førekost og bestandseffekt på laks. Rådgivende Biologer AS, rapport 1516, 53 s.
- Nilsen, R., Serra-Llinares, R.M., Sandvik, A.D., Schrøder Elvik, K.M., Asplin, L., Bjørn, P.A., Askeland Johnsen, I., & Karlsen, Ø. (Havforskningsinstituttet), Finstad, B., Berg, M. & Uglem I. (Norsk institutt for naturforskning), Wiik Vollset, K. & Lehmann, G.B. (UNI Research - Miljø) 2017. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2016. Med vekt på modellbasert varslings og tilstandsbekreftelse. Rapport fra Havforskningen nr.1-2017, 50 sider.



- Skilbrei, O., B. Finstad, K. Urdal, G. Bakke, F. Kroglund & R. Strand 2013. Impact of early salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation and differences in survival and marine growth of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts 1997-2009. *Journal of Fish Diseases* 36(3):
- Skoglund, H., B.T. Barlaup, E. Straume Normann, T. Wiers, G. Bekke Lehmann, B. Skår, U. Pulg, K. Wiik Vollset G. Velle, S-E. Gabrielsen & S. Stranzl. 2016. Gytefisktelling og uttak av rømt oppdrettslaks i elver på Vestlandet høsten 2015. LFI Uni Research Miljø – rapport nr. 266, 41 sider.
- Sættem, L. M. 1995. Gytebestander av laks og sjøaure. En sammenstilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960 - 94. Utredning for DN. Nr 7 – 1995, 107 sider.
- Urdal, K., S. Kålås & H. Sægrov 2009. Ungfiskundersøkingar i Etnevassdraget i Hordaland hausten 2008. Rådgivende Biologer AS, rapport 1204, 33 s.
- Urdal, K. 2016a. Analysar av skjelprøvar frå Sogn & Fjordane i 2015. Rådgivende Biologer AS, rapport 2237, 35 s.
- Urdal, K. 2016b. Analysar av skjelprøvar frå Hordaland i 2015. Rådgivende Biologer AS, rapport 2238, 23 s.
- Urdal, K. 2016c. Analysar av skjelprøvar frå Rogaland i 2015. Rådgivende Biologer AS, rapport 2239, 24 s.
- Vollset, K.W., R.I. Krontveit, P.A. Jansen, P. A., B. Finstad, B.T. Barlaup, O.T. Skilbrei, M. Krkošek, P. Romunstad A. Aunsmo, A.J. Jensen & I. Dohoo 2015. Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries*. doi: 10.1111/faf.12141.
- Vollset, K.W., S. Mahlum, J. G. Davidsen, H. Skoglund And B. T. Barlaup 2016. Interaction between migration behaviour and estuarine mortality in cultivated Atlantic salmon *Salmo salar* smolts. *Journal of Fish Biology*. doi:10.1111/jfb.13097