

# Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021



*Ekspertgruppens leder og redaktør:*

**Knut W. Vollset**, *Forsker ved NORCE*

*Ekspertgruppens nestleder:*

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

*Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):*

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

**Bengt Finstad**, *Professor ved NTNU*

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

**Mari Myksvoll**, *Seniorforsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

**Leif Christian Stige**, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

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

**Ola Ugedal**, *Seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning (NINA)*

**Lars Qviller**, *Seniorforsker ved Veterinærinstituttet (VI)*

*Ekspertgruppens sekretær:*

**Sussie Dalvin**, *Forsker ved Havforskningsinstituttet (HI)*

Foto framside: Rusefangst nær Måløy, fotografi av Sussie Dalvin, HI.

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Karlsen, Ø., Myksvoll M., Stige, L.C., Sægrov, H., Ugedal, O., Qviller, L., Dalvin, S. 2021. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

# Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021

Ekspertgruppens leder og redaktør: **Knut W. Vollset**, NORCE

Ekspertgruppens nestleder: **Frank Nilsen**, Universitetet i Bergen

Ekspertgruppens medlemmer (alfabetisk):

**Ingrid Ellingsen**, SINTEF Ocean AS

**Bengt Finstad**, NTNU

**Ørjan Karlsen**, Havforskningsinstituttet (HI)

**Mari Myksvoll**, Havforskningsinstituttet (HI)

**Leif Christian Stige**, Veterinærinstituttet (VI)

**Harald Sægrov**, Rådgivende Biologer AS

**Ola Ugedal**, Norsk institutt for naturforskning (NINA)

**Lars Qviller**, Veterinærinstituttet (VI)

Ekspertgruppens sekretær:

**Sussie Dalvin**, Havforskningsinstituttet (HI)

**Bergen, 11.11.21**

**Publiseringstype:**

Digitalt dokument (pdf)

**ISBN: 978-82-93932-00-0**

**Referanse til publikasjonen:**

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Karlsen, Ø., Myksvoll M., Stige, L.C., Sægrov, H., Ugedal, O., Qviller, L., Dalvin, S. 2021. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

**Nøkkelord:**

Trafikklyssystemet

Lakselus

Dødelighet laksesmolt

Ekspertgruppen

Produksjonsområder

## Innholdsfortegnelse

1.	Bakgrunn .....	7
2.	Definisjoner og begreper .....	9
3.	Metodebeskrivelse og datagrunnlag .....	14
3.1.	Data fra oppdrett .....	15
3.2.	Overvåkingsdata .....	16
3.3.	Modeller .....	17
3.4.	Oppdatering av metoder for 2021 sesongen. ....	21
4.	Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen .....	24
4.1.	Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk .....	24
4.2.	Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus .....	25
4.3.	Mellomårlig variasjon og sesongutvikling .....	26
4.4.	Usikkerhet i kildeleddet .....	27
4.5.	Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus .....	27
4.6.	Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering .....	27
4.7.	Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering .....	28
4.8.	Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering .....	29
4.9.	Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere .....	29
4.10.	Usikkerhet om fiskens atferd, utvandningsruter og tidspunkt .....	30
4.11.	Usikkerheter knyttet til fangst av laksefisk med ruse og garn .....	32
4.12.	Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur .....	33
4.13.	Usikkerhet knyttet til tråling .....	33
5.	Vurdering av status i produksjonsområdene .....	35
5.1.	Fremgangsmåte i vurdering av produksjonsområdene .....	35
5.2.	Vurderinger for 2020 og 2021 .....	38
5.3.	Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren .....	40
5.4.	Produksjonsområde 2: Ryfylke .....	43
5.5.	Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra .....	48
5.6.	Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt .....	53
5.7.	Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika .....	58
5.8.	Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag .....	63
5.9.	Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal .....	67
5.10.	Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø .....	71
5.11.	Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen .....	76
5.12.	Produksjonsområde 10: Andøya til Senja .....	80
5.13.	Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa .....	85
5.14.	Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark .....	89
5.15.	Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark .....	93
6.	Utvikling over tid .....	97
6.	Litteratur .....	103
7.	Appendiks .....	109

## Sammendrag

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon. 2017a) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder (POer), hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. I forskriften står følgende: «Produksjonskapasiteten i produksjonsområder for akvakultur reguleres i samsvar med områdets miljømessige bærekraft. Påvirkningen fra akvakultur på miljøet overvåkes etter de til enhver tid gjeldende miljøindikatorne [...]». I første omgang er effekten lakselus produsert i oppdrett har på vill laksefisk eneste miljøindikator. Nærings og Fiskeridepartementet (NFD) har derfor oppnevnt en styringsgruppe som igjen har oppnevnt en ekspertgruppe bestående av 10 forskere, som skal evaluere lusepåvirkning fra oppdrett på villfisk. Mandatet til ekspertgruppen er som følger:

*«Ekspertgruppen skal hvert år gjøre en grundig naturfaglig vurdering av hvordan vill laksefisk påvirkes av lakselus i hvert enkelt produksjonsområde.»*

Som tidligere år beskrives metodene og de generelle forutsetningene og usikkerhetene til disse metodene i kapittel 3 og 4. Her er det spesielt usikkerhet i korrekt beregning av kildeleddet, det vil utslipp av antall lus per oppdrettslokalitet, og grenseverdier for hva som ansees som dødelig for en utvandrende laksesmolt, som er de viktigste og mest sensitive forutsetningene for vurderingene. Her blir det blant annet påpekt at det bør jobbes med mer detaljert og standardisert rapportering fra oppdrettsanleggene, og at det bør gjennomføres flere forsøk for å validere grenseverdiene.

Denne rapporten er resultatet fra ekspertgruppens vurdering for 2021, og oppdatering av vurderinger for 2020 etter små endringer i modellene og standardisering av usikkerhetsvurderingene. De nye vurderingene endrer ikke på noen av konklusjonene eller usikkerhetsvurderingene for POene for 2020, men fører til enkelte endringer på vurderingene av metodene.

Ekspertgruppen har i sin vurdering benyttet data fra det nasjonale overvåkingsprogrammet for lakselus (NALO), resultater fra modellert smittepress og resultater fra modeller som beregner påslag og dødelighet på vill laksesmolt (virtuelle smoltmodeller).

I 2020 var lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i PO2 og PO3 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO4 og PO7 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10 % og 30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO5, PO6, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12, PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

I 2021 var lakselusindusert dødelighet for utvandrende vill laksesmolt i PO3 og PO4 mest sannsynlig over 30 %, definert som høy påvirkning. I PO5 og PO7 var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig mellom 10 % og 30 %, definert som moderat påvirkning. I de øvrige produksjonsområdene (PO1, PO2, PO6, PO8, PO9, PO10, PO11, PO12, PO13) var lakselusindusert villfiskdødelighet mest sannsynlig under 10 %, definert som lav påvirkning.

Fra og med 2020 er det i hvert PO også blitt inkludert en vurdering av hvordan smittepresset, altså antall produserte luselarver per time i hele produksjonsområdet, har variert gjennom årene og sesongen. Denne er presentert for å belyse hvordan smittepresset endrer seg i perioden etter overvåking av laksesmolt avsluttes, når man forventer at sjørret og sjørøye fremdeles

oppholder seg i sjøen. Det er viktig å påpeke at det ikke er gjennomført en vurdering av lakselusindusert dødelighet for sjøørret eller sjørøye, ettersom det fremdeles er uklart hvilke kriterier man skal legge til grunn i slike vurderinger. Generelt øker smittepresset utover sommeren etter perioden smolten vandrer ut, med unntak av de nordligste POene (PO11-PO13). Det påpekes også at økningen i smittepress er spesielt høyt i PO6 utover sensommeren.

I mandatet påpekes det at «[r]apporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.». I rapporten fra 2020 skrev vi et eget kapittel om vurderinger av trend. Dette kapittelet var i hovedsak en vurdering av hvordan mengden oppdrettsfisk eller totalt antall lus per areal har endret seg over tid. I 2021-rapporten repeterer vi ikke vurderingene, men har oppdatert figurene fra rapporten fra 2020. Vi konkluderer med at det ikke er store endringer i det generelle mønsteret vi så i 2020-rapporten, og at konklusjonen fra denne rapporten fremdeles er gjeldende. Det vil si at områder med høyt utslipp av lakselus fra oppdrett med jevne mellomrom vil ha høy kategori, men også at vurderingen av lakselusindusert villfiskdødelighet kan variere fra lav til høy avhengig av biologiske, fysiske og geografiske forhold.

Ekspertgruppen påpeker også at det er økende smittepress i de nordlige områdene samtidig som det er flere produksjonsområder (PO8, PO9 og PO11) som har svært lite observasjonsdata av luseforekomster på villfisk.

Ekspertgruppen er samstemt i sine konklusjoner.

## 1. Bakgrunn

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 (Anon. 2017a) er kysten delt inn i 13 produksjonsområder (POer), hvor bærekraftsindikatorer skal bestemme hvor stor produksjon man skal tillate i oppdrettsanlegg. Avgrensingen av POene er basert på at det skal være minst mulig spredning av lakselus mellom områdene (Ådlandsvik, 2015). Stortingsmelding 16 (Anon. 2015) legger til grunn at status innen hvert PO i første omgang skal være basert på effekt av lakselus på vill laksefisk. Det vil si dødelighet på utvandrende postsmolt av laks, førstegangsutvandrende postsmolt av sjøørret og sjørøye, og på beitende sjøørret og sjørøye som en konsekvens av smitte med lakselus fra oppdrettsanlegg. Andre bærekraftsindikatorer skal eventuelt tillegges vekt i fremtidige arbeid.

Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) ba i brev av 19. desember 2016 om at Havforskningsinstituttet (HI), Veterinærinstituttet (VI) og Norsk institutt for naturforskning (NINA) oppnevner og etablerer en styringsgruppe for vurdering av lusepåvirkning. Styringsgruppen ble bedt om å opprette en ekspertgruppe for å evaluere lusepåvirkning fra oppdrett på villfisk.

Ekspertgruppen har siden 2016 mottatt årsspesifikke mandater fra NFD via styringsgruppen og har svart på disse henvendelsene i årsrapporter med en grundigere gjennomgang i hvert oddetallsår (2017 og 2019). I 2020 er det laget et mer generisk mandat som skal gjelde for flere år. I brevet fra departementet til styringsgruppen er det definert at:

*«Ekspertgruppen skal hvert år gjøre en grundig naturfaglig vurdering av hvordan vill laksefisk påvirkes av lakselus i hvert enkelt produksjonsområde.»*

Og videre i mandatet

### **«Mandat ekspertgruppe**

*Ekspertgruppen opprettes av Styringsgruppen for to år av gangen. Den skal settes sammen så bredt som mulig av personer med kompetanse på feltet og med evne til å gjøre en overordnet analyse av all tilgjengelig kunnskap, for å komme med en enhetlig vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Ekspertgruppen skal ha kompetanse på både oppdrettsfisk og viltlevende laksefisk. Størrelsen på gruppen må vurderes ut ifra hva som er hensiktsmessig. Ekspertgruppen rapporterer til Styringsgruppen.*

*Ekspertgruppen skal innen 15. oktober hvert år utarbeide en statusrapport for lakseluspåvirkning i produksjonsområdene. Rapporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender. Usikkerheten i vurderingene må komme tydelig fram.*

*Havforskningsinstituttet og Veterinærinstituttet dekker sine utgifter til dette arbeidet innenfor sine bevilgninger fra departementet. Havforskningsinstituttet dekker i tillegg utgifter til de øvrige involverte parter innenfor sine rammer.*

*Rapportene som leveres skal legge hovedvekt på påvirkningen på villaks inntil sjøørret og/eller sjørøye er inkludert i trafikklyssystemet.»*

Som i tidligere rapporter starter rapporten med en detaljert diskusjon om definisjoner og begreper i kapittel 2. Denne teksten er i all hovedsak lik den som er skrevet i tidligere rapporter, men er oppdatert etter gjennomlesning og godkjenning av alle medlemmer av ekspertgruppen.

Ekspertgruppens mål har vært å gjøre en grundig naturfaglig vurdering av hvordan vill laksefisk påvirkes av lakselus i hvert enkelt produksjonsområde på basis av all tilgjengelig kunnskap. Publiserte vitenskapelige artikler og offentlige rapporter er sitert der det er relevant. Metodene som har blitt brukt blir presentert i kapittel 3.

I mandatet påpekes det at «*[r]apporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.*». I rapporten fra 2020 skrev vi et eget kapittel om vurderinger av trend. Dette kapittelet var i hovedsak en vurdering av hvordan mengden oppdrettsfisk eller totalt antall lus per areal har endret seg over tid. I 2021 rapporten repeterer vi ikke vurderingene, men oppdaterer figurene og kommenterer om det er noen store endringer.

Det påpekes også spesifikt i mandatet at ekspertgruppen skal «*legge hovedvekt på påvirkningen på villaks inntil sjøørret og/eller sjørøye er inkludert i trafikklyssystemet.*». Lakselusindusert villfiskdødelighet på sjøørret er derfor ikke vurdert i denne rapporten. I hvert av produksjonsområdene har vi imidlertid vurdert hvordan smittepresset utvikler seg etter perioden som defineres som kritisk for utvandrende laksesmolt. Denne delen av vurderingen er ikke en del av hovedkonklusjonen for POet, men er gjort for å belyse om smittepresset endrer seg i perioden vi forventer at sjøørret og røye oppholder seg kystnært.



## 2. Definisjoner og begreper

### Lakselusindusert dødelighet

*Lakselusindusert dødelighet* er et uttrykk som brukes vitenskapelig for å omtale den delen av dødeligheten hos fisken som kan knyttes til parasitten (Krkošek mfl. 2011, 2013; Jackson mfl. 2013; Vollset mfl. 2015). Med uttrykket indusert menes altså at lakselusen er en del av årsaken til at fisken dør. Det er flere mål på dødelighet og overlevelse i epidemiologi (Dohoo mfl. 2010). De mest vanlige og relevante i kontekst av luseindusert dødelighet på populasjonsnivå er *risikoforskjell* (RF), *relativ risiko* (RR) og *risikobidrag* (RB).

*Risikoforskjell* (RF) er differanse i overlevelse mellom gruppen som er påvirket av lakselus og gruppen som ikke er påvirket av lakselus. Det vil si at hvis sjøoverlevelsen er 5 % i upåvirket miljø og 4% i påvirket miljø, blir RF  $5 - 4 = 1$  %.

*Relativ risiko* (RR) er forholdet mellom sjøoverlevelsen (eller risikoen) til en upåvirket og påvirket gruppe. For verdiene gitt over ville RR blitt  $5\% / 4\% = 1,25$ . Den sier altså at det er 1,25 ganger større sannsynlighet at fisk fra en gruppe som ikke er påvirket av lakselus overlever, enn om gruppen er påvirket av lakselus (gitt at alt annet er likt).

*Risikobidrag* (RB) er prosentvis forskjell i størrelse på den overlevende gruppen individer med og uten dødelighet fra lakselus. Dette kan i denne sammenhengen regnes ut direkte fra sjøoverlevelsen som følger  $((0.05 - 0.04)/0.05) = 0.2$ . Dette betyr altså at 20 % færre fisk overlever når den påvirkes av lakselus, enn om den ikke gjør det. Ekspertgruppen er av den oppfatning at RB gir den mest fornuftige tolkning av dødelighetsbegrepet i Stortingsmelding 16 (Anon. 2015, Tabell 10.1.)

### Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk

I dag brukes antall lus per gram fiskevekt for å estimere sannsynlighet for at et individ dør på grunn av lakselus. For å kunne beregne dødelighet basert på et slikt mål må man ha en funksjon som relaterer lus per gram fiskevekt til dødelighet, eller grenseverdier for når dødelighet inntreffer. Basert på best tilgjengelig kunnskap har Taranger mfl. (2012) foreslått følgende grenseverdier for laksesmolt og førstegangsutvandrende sjørørret og sjørøye < 150 g:

1. 100 % av individer med >0,3 lus per gram fiskevekt vil dø
2. 50 % av individer med 0,2-0,3 lus per gram fiskevekt vil dø
3. 20 % av individer med 0,1–0,2 lus per gram fiskevekt vil dø
4. 0 % av individer med < 0,1 lus per gram fiskevekt vil dø.

Denne utregningsmetoden benyttes 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) (Anon. 2011).

Terskelnivåene referert til ovenfor (Taranger mfl. 2012) er basert på relativt få laboratorieforsøk og vurderinger av data fra felt, og verdiene må betraktes som veiledende og som førstegenerasjons indikatorverdier. I de fleste forsøk blir antall lus per gram fiskevekt beregnet ut fra alle stadier av lus. Vi vet at ikke alle lus overlever fram til de bevegelige stadiene. Antall lus blir derfor sannsynligvis overestimert i tilfeller der det hovedsakelig er fastsittende stadier på den innsamlede fisken. Som påpekt av Taranger mfl. (2012) behøves det flere forsøk for videre verifisering og validering, gitt viktigheten av disse grensene. Dødelighet på laksefisk i naturen kan være høyere eller lavere enn det som registreres i laboratorieundersøkelser med sammenlignbare infestasjoner. Effektene av lakselus har vist seg å være mer alvorlige for postsmolt av laks som også er påvirket av andre faktorer, som for eksempel dårlig vannkvalitet (Finstad mfl. 2007), sykdom (Barker mfl. 2019) eller redusert vekst i havet (Vollset mfl. 2019). Videre kan svekket fisk i naturen utsettes for en økt predasjonsrisiko (Thorstad mfl. 2012), ha dårligere vekst eller endret risikovillighet, og dette vil påvirke blant annet alder ved kjønnsmodning og investering i reproduksjon (Miller mfl. 2014). Et redusert immunsystem kan 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 terskelnivåer for dødelighet i naturen (Bjørn & Finstad 1997). På den andre siden kan ikke fisken reagere atferdsmessig på lusepåslaget i laboratoriet, det vil si at den ikke kan søke til avlusingsområder med lav saltholdighet. Det er ikke dokumentert prematur tilbakevandring hos utvandrende postsmolt av laks. Det er likevel mulig at adaptiv atferd i naturen kan redusere dødeligheten sammenlignet med verdier funnet i laboratorieundersøkelser.

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

Vår oppgave som ekspertgruppe er å spesifikt vurdere lakselusindusert villfiskdødelighet. I teorien kan parasitter påvirke verten på måter som ikke er direkte dødelige, men som allikevel kan påvirke populasjonsveksten og evolusjonen til de forskjellige populasjonene. Det er utfordrende å kvantifisere slike effekter direkte, men det er argumentert i definisjonene av grenseverdiene at slike effekter er tatt høyde for (Taranger mfl. 2012). Vi argumenterer derfor for at vi ikke har andre muligheter å ta høyde for slike effekter enn å ta i bruk disse omforente grenseverdiene.

### **Hvordan tolker ekspertgruppen den estimerte lakselusinduserte dødeligheten basert på grenseverdier?**

Det er 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. Studier har vist at effekten av lus er direkte korrelert med den generelle overlevelsen i havet, 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 (Vollset mfl. 2015). Tilsvarende er det vist at veksten til postsmolt bare er påvirket i perioder med dårlig sjøoverlevelse (Susdorf mfl. 2018a, 2018b; Vollset mfl. 2019). Grenseverdiene må altså sees på som gjeldende for gjennomsnittlige forhold i havet.

En annen problemstilling er selektiv dødelighet. Dette vil påvirke om dødeligheten som vi regner ut basert på grenseverdier skal sees på som *additiv* eller *kompensatorisk*. Hvis den er additiv anser vi det som sannsynlig at andelen av populasjonen som dør av lakselus ikke hadde større sannsynlighet enn resten av populasjonen til å dø av andre årsaker. Hvis den er kompensatorisk anser vi det som sannsynlig at den andelen av bestanden som dør av lakselus også hadde en større sannsynlighet for å dø av andre årsaker. Et eksempel på dette er størrelsesselektiv dødelighet (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 *lakselusinduserte dødeligheten*. Gitt at størrelsesselektiv dødelighet er en viktig mekanisme hos utvandrende laksesmolt, vil det være slik at fisken som har høyest sannsynlighet for å dø av lakselus i utgangspunktet, uansett hadde hatt en høyere sannsynlighet for å dø. Tallfesting av størrelsesselektiv dødelighet hos utvandrende laksesmolt er krevende, og resultater fra ulike studier er noe sprikende. I enkelte studier er det dokumentert sterk seleksjon (se for eksempel Chaput mfl. 2018, Gregory mfl. 2019), mens i andre studier er det ingen tegn til seleksjon. Sannsynligvis er seleksjonsmønsteret noe som varierer mellom tid og sted, og dermed blir det vanskelig å si noe om effektens størrelse. I et modelleringsarbeid av Vollset mfl. (2019) var det derimot ingen indikasjon at dette hadde store utslag i det endelige estimatet av hvor stor andel av bestanden som døde i løpet av utvandringen.

Vollset mfl. (2019) påpekte også at det er andre faktorer som kan påvirke lakselusindusert dødelighet i naturen. Eksempelvis kan temperaturen som laksesmolten (og lakselusen) opplever etter lusepåslag påvirke hvor fort den relative veksten til vert og parasitt er, og føre til høyere dødelighet når temperaturen er høy. På lik linje vil størrelse og vekst i kritiske faser være viktig for hvor stor effekten av parasitten vil være.

### **Bestand, populasjon og populasjonskompleks**

Uttrykkene bestand og populasjon brukes om hverandre i norsk lakseforvaltning. I økologi brukes ofte ordet bestand om populasjonsenheter det høstes på, mens populasjon brukes i mer vitenskapelig sammenhenger. Populasjon er 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 (PO). Innen hvert PO er det 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 i en biologisk forstand. I teorien kan man se for seg at man opererer med to «populasjonsdefinisjoner»: «PO-populasjon» og «elvepopulasjon». I biologisk sammenheng er ikke PO-populasjon en «ekte» populasjon, ettersom det egentlig kun er en konvensjon til bruk i forvaltningssystemet. I kunnskapsoppsummeringen fra 2016 (Karlsen mfl. 2016) ble ordet *populasjon* brukt for å uttrykke «PO-populasjon» og *bestand* for å uttrykke *elvepopulasjon*. Vi har kommet fram til at dette var forvirrende, og skapte unødvendig diskusjoner rundt begrepsbruk. Vi har derfor valgt å gå tilbake til enkle termer der vi bruker «bestand» for elvepopulasjoner, og skriver eksplisitt at vi gjør overordnet vurdering av bestander når vi snakker om «PO-populasjon».

### **Utfordringer ved å trekke konklusjoner over et helt produksjonsområde**

Vektlegging av de enkelte bestandene (eller elvepopulasjonene) i en overordnet vurdering av POene (Vollset mfl. 2017) kan gjøres på flere måter. I praksis er det tre tilnærminger man kan se for seg når man skal regne ut populasjonseffekter av lakselusindusert dødelighet:

- A. *Føre var-tilnærming* – Utrekning av lakselusindusert dødelighet skjer kun på bestandsnivå slik at estimatet for et PO baseres på den “verste” verdien fra en elv. Det vil si; hvis en elv kommer over grenseverdien for rødt så blir hele produksjonsområdet rødt.
- B. *Gjennomsnittstilnærming* – Utrekningen av lakselusindusert dødelighet enten ved at man regner ut hvor mange smolt av totalt antall smolt i et PO som dør, eller at man tar snittverdien av alle elver for et område og baseres seg på det.
- C. *Andre kriterier* – Det siste forslaget er å vekte forskjellige elver basert på et sett med kriterier. Dette kan for eksempel være viktigheten av elven utfra politiske dokumenter

(eksempelvis nasjonale 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 elvene utfra politiske dokumenter eller grad av sårbarhet<sup>1</sup>. Dermed er den eneste muligheten vi har i dette dokumentet å framlegge utregninger som kan brukes til tilnærming A og B (se ovenfor). Hovedproblemstillingen med tilnærming A er at det er knyttet stor usikkerhet til estimatene for hver enkelt elv. I tillegg legger vi stor vekt på observasjons data. Disse er, med unntak av tråldata med genetisk tilhørighetsdata, ikke knyttet opp til bestandseffekter på elvenivå, men vil kun brukes til å si noe om den potensielle effekten på alle bestandene i et område. I praksis vil derfor vurderingen være en mellomting mellom tilnærming A og B. Vi legger stor vekt på den overordnede tilstanden i området basert på modellkjøringer og observasjonsdata, men vil i noen områder legge spesielt vekt på elver som kommer ut som spesielt påvirkede eller viktige for den totale fiskeproduksjonen i et område (slik som for eksempel Lærdalselva i Sognefjorden, eller Altaelva i Finnmark).

Estimert potensiell smoltproduksjon fra hver bestand er beskrevet i Appendiks Ia. Ved behandling av resultatene fra modellkjøringene blir snittverdier av dødelighet både regnet uvektet av alle elver og vektet basert på smoltproduksjonen. Ekspertgruppen bruker disse verdiene for å vurdere om vektlegging av store vassdrag vil ha en påvirkning på den totale vurderingen i POet. I tilfeller hvor disse to estimatene avviker vil det være naturlig å vurdere om den geografiske spredningen av teoretisk smoltproduksjon og usikkerheten i disse estimatene vil ha stor påvirkning på den endelige konklusjonen for POet.

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

Det er nylig gjort en sammenligning av hvor mange voksne hunnlus det er på villfisk, rømt oppdrettslaks og oppdrettslaks (Dempster mfl. 2021). I dette arbeidet, med fokus på tidsrommet fra 1998 til 2017, ble det vist at oppdrettsfisk hadde en økende betydning som verter for lakselus i hele tidsrommet. Det ble estimert at i tidsrommet 2013-2017 var det 267-281 ganger flere oppdrettslaks enn villaks. I 2017 utgjorde oppdrettslaksefisk 99,6% av alle tilgjengelige verter for lakselus, og disse var verter for 99,1 % av alle voksne hunnlus i Norge.

Forutsetningen for modellene som brukes i denne Ekspertgrupperapport er at det kun er voksne hunnlus på oppdrettsfisk i anlegg som produserer lakseluslarver. Selv om lus fra vill laksefisk og fra rømt oppdrettsfisk også vil bidra med produksjon av larver, kan det derfor argumenteres for at i områder med oppdrettsanlegg med laksefisk er det hovedsakelig oppdrettsanleggene som er kilden til lakselus.

### **Definisjon av risiko og usikkerhet**

I tidligere rapporter (fra før 2020) har uttrykket *risiko* blitt brukt noe inkonsekvent og på en ikke faglig måte. Dette er en ganske vanlig feil ettersom det er normalt å bruke uttrykket risiko i dagligtale på en mer generell måte når man snakker om muligheten for at noe uønsket skal inntreffe. For å unngå forvirring har vi i den videre teksten unngått å bruke uttrykket risiko,

---

<sup>1</sup> I mandatet til Styringsgruppen for 2019 ber NFD styringsgruppen vurdere spesifikt om det kan være hensiktsmessig å innføre en vektning av bestandene ut ifra visse kriterier (eks. sårbarhet, status).

med mindre det refereres til andre arbeid der risikouttrykket er brukt. Vi anser at vårt mandat er å gjøre en vurdering av i hvilken kategori av lakselusindusert villfiskdødelighet (0-10 %, 10-30 % eller > 30 %) det er mest sannsynlig hver PO er i, og hvor sikker vi anser denne vurderingen å være.

Med dette kommer vi inn på begrepet usikkerhet. Usikkerhet kan enten være knyttet til at man mangler informasjon, eller at det er variasjon i den kunnskapen man har (for eksempel variasjonen fra en modell)<sup>2</sup>. Vår definisjon av usikkerhet er en kombinasjon av disse, ettersom det i noen metoder er brukt variasjonen fra modeller, og i noen tilfeller er brukt usikkerhetsvurderinger knyttet til om det mangler data.

I foreløpig rapport fra evalueringskomiteen er det påpekt at usikkerhetsbegrepene bør beskrives på linje med IPCC sin standard (Mastrandea mfl. 2010). Denne standarden innebærer at man bruker begrep som er mer lettfattelige og deler opp usikkerhetsbeskrivelsen i «uncertainty» og «confidence», altså sannsynligheten for at noe inntreffer og kunnskapsgrunnlaget for våre antagelser. Dette er i stor grad på linje med hva som er beskrevet i NOU2018:17, hvor usikkerhet er beskrevet som «sannsynligheter, kunnskapen den bygger på og styrken på denne kunnskapen, og overraskelser relatert til denne kunnskapen»

I rapporten for 2021 har vi valgt å beholde de usikkerhetsbeskrivelsene som vi har gjort i 2020, men tar kommentarene fra evalueringskomiteen til etterretning. Ekspertgruppen ønsker å jobbe videre med å tilpasse språkbruken rundt usikkerhet slik at sannsynlighet og kunnskapsgrunnlag kan kommuniseres på en mer lettfattelig måte. Slik rapporten er lagt opp i dag er kunnskapsgrunnlaget oppsummert i kapittel 3 og 4 og vurderingen av sannsynligheten for at en viss lakselusindusert villfiskdødelighet har funnet sted i hvert produksjonsområde oppsummert i kapittel 5.

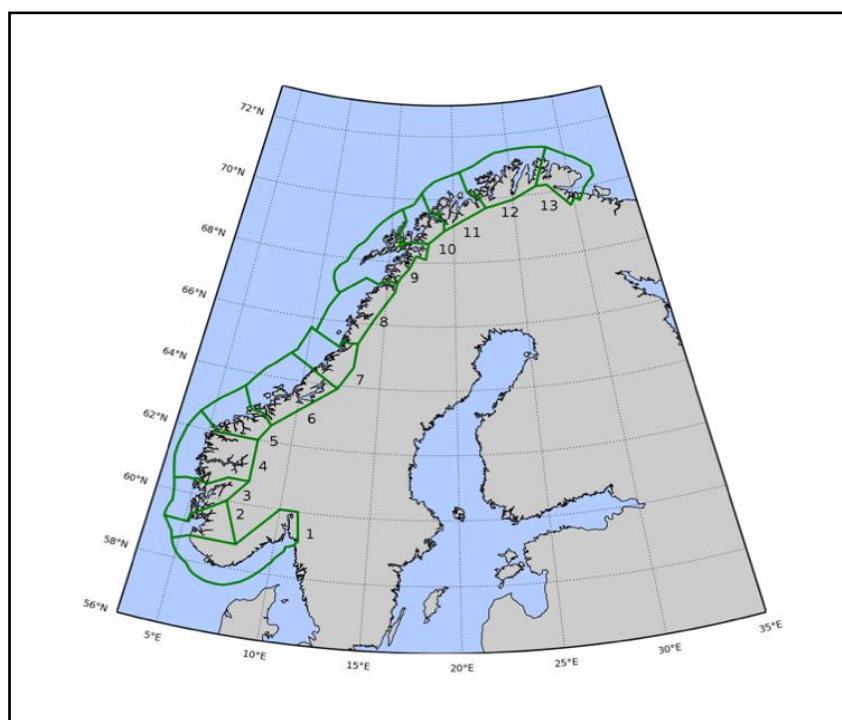
I kapittel 5 beskriver vi i mer detalj hvordan usikkerhetsvurderinger er gjort i denne rapporten.

---

<sup>2</sup> Disse to målene på usikkerhet blir noen ganger omtalt som *epistemisk* og *stokastisk* usikkerhet.

### 3. Metodebeskrivelse og datagrunnlag

Ved hjelp av spredningsmodellering har Havforskningsinstituttet beregnet potensiell smitte av lakselus mellom alle anlegg langs hele norskekysten (Ådlandsvik 2015). Utveksling av lakselus mellom anleggene (konnektivitet) danner grunnlag for klynger av anlegg. Klyngene som danner grunnlaget for produksjonsområdene (POene), er da konstruert slik at anleggene innenfor området har større utveksling seg imellom enn anlegg mellom områder. I det opprinnelige forslaget ble kysten delt inn i 11 POer, mens det i den endelige produksjonsområdeforskriften ble vedtatt 13 POer (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 POene, har ekspertgruppen valgt å inkludere all informasjon gruppen anser som relevant, men verdien av denne informasjonen er vurdert fortløpende da usikkerhetene og dekningsgraden varierer betydelig mellom de ulike POene. Det er i hovedsak benyttet tre typer data:

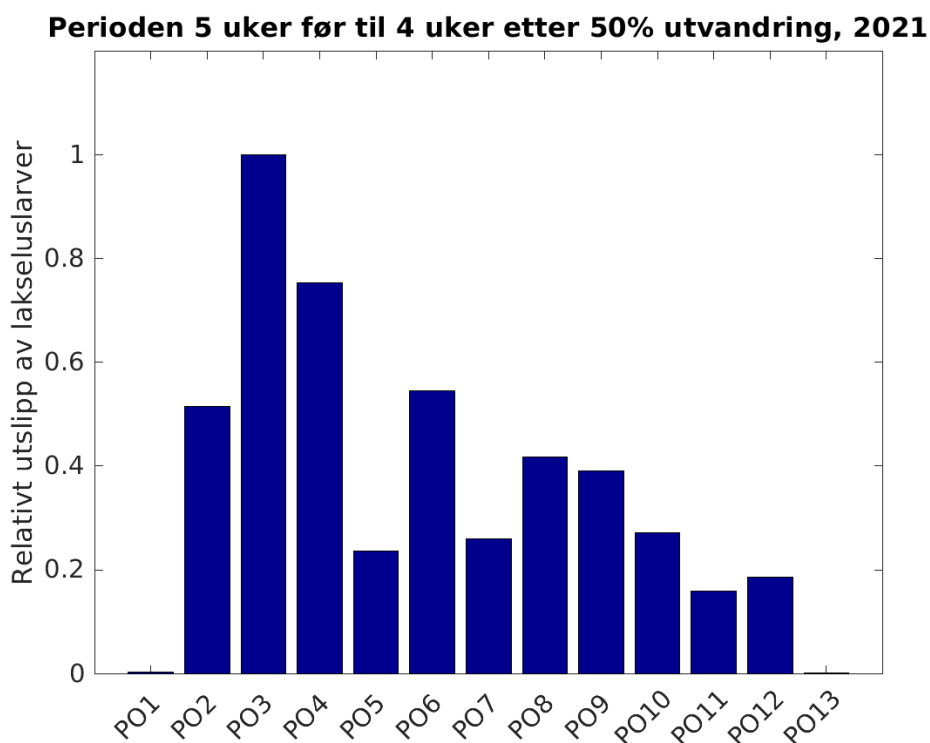
- Utslipp av luselarver (eggproduksjon) fra oppdrett i tid og rom
- Overvåkingsdata fra NALO (Nasjonal overvåking av lakselus på vill laksefisk).
- Modellert smittepress og estimert smoltdødelighet

I den følgende teksten lister vi opp alle kategorier av informasjon som ekspertgruppen har tatt hensyn til i sin vurdering av hvert PO. I denne teksten er det kun gitt en kort beskrivelse av disse dataene. For mer detaljert beskrivelse henviser vi til vedlegg for hver av de forskjellige kategoriene av informasjon.

### 3.1. Data fra oppdrett

#### Nauplieproduksjon/Eggproduksjon

Fra hver kjønnsmodne hunn lus på oppdrettsfisk anslås det at det i gjennomsnitt klekkes 300 egg hver uke (ved 10 °C), og reproduksjonspotensialet er derfor stort (Stien mfl. 2005). I et oppdrettsanlegg med flere hundre tusen fisk vil selv få hunn lus på hver enkelt fisk (også antall som er tillatt i henhold til grenseverdier regulert av Mattilsynet) kunne føre til klekking av flere millioner nauplier hver uke. En oversikt over relativt utslipp av lakseluslarver fra oppdrettsfisk i hele landet er vist i figur 2.

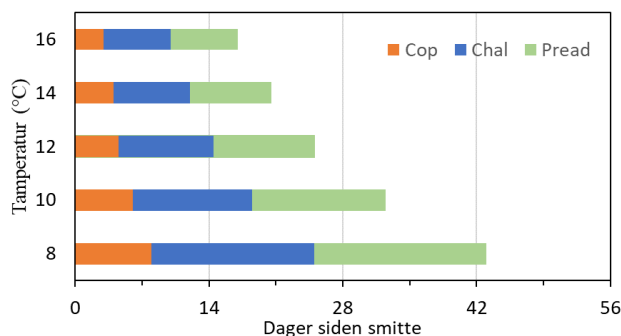


**Figur 2.** Relativt utslipp av lakseluslarver i alle produksjonsområder. Utslippet er beregnet rundt tiden hvor laksesmolten utvandrer. Estimaten for hvert område er delt på verdien fra POet med høyest verdi, slik at tallet (0-1) er relativt til dette.

Naupliuslarver er ikke smittsomme. Først ved neste stadium utvikler lakselus seg til smittsomme kopepoditter. Varigheten av stadiene er avhengig av vanntemperaturen (Samsing mfl. 2016), og varer for de to naupliestadiene fra 7 dager ved 7 °C til 2 dager ved 15 °C, mens kopepodittstadiet varer i 13 og 10 dager ved hhv. 7 og 15 °C (Hamre mfl. 2019).

Antall nyklekte nauplier beregnes ut fra rapporterte data på antall fisk, antall hunn lus per fisk og temperatur, med økende antall nyklekte nauplier per hunn lus med økende temperatur.

Utviklingen fra påslag av kopepoditter til voksne stadier er temperaturavhengig, og siden temperaturen er høyere i sørlige enn i nordlige deler av landet, utvikles lusen raskere i de sørlige områdene (Figur 3).



**Figur 3.** Varighet av de ulike stadiene av lakselus ved ulike temperaturer, delt inn i kopepodittstadiet (Cop), de to chalimus stadier (Chal) og de to preadulte stadier (Pread) (etter Dalvin & Oppedal, 2019).

### 3.2. Overvåkingsdata

I overvåkingsprogrammet NALO (Nasjonal overvåking av lakselus på vill laksefisk) kartlegges smittepresset på vill laksefisk vha. tråling, ruser og garn, samt vaktbur. Hvordan dette gjøres er nærmere beskrevet nedenfor og i appendiks II. Resultatene er oppsummert i tabell 2 og 3 under kolonnene Trålfangst, Sjørørret ruse og Vaktbur der effekten deles inn i tre kategorier, høy, moderat og lav som referer til om gruppen konkluderer med at metoden tilsier en kategorisering av POet i følgende lakselusindusert dødelighet: > 30 %, 10-30 % og < 10 % (Anon. 2015, Tabell 10.1.).

Vaktbur er ca. 1 m<sup>3</sup> lukkede merder som henger fra 0,5-1,5 m dybde (Bjørn mfl. 2011). I burene settes 30 laksesmolt som står ute i 14 dager før fisken tas ut og lus telles. Normalt settes det ut 18-20 vaktbur i hvert fjordsystem som overvåkes på relativt faste stasjoner, og som er ment å fange opp smittepresset i området. Oppdrettsmolten benyttet (80-100 g) er betydelig større enn villsmolt (15-25 g), og smittepresset vurderes derfor ut ifra antall lus per fisk, og ikke antall lus per gram fiskevekt. Tidligere ble grensene lav satt til 1 lus/fisk/14 dager, moderat fra 1-10 lus/fisk/14 dager, og høy til > 10 lus/fisk/14 dager. Fra 2019 er grenseverdien for lav endret til < 2 lus/fisk/14 dager, moderat fra 2-6 lus/fisk/14 dager og høy > 6 lus/fisk/14 dager. Dette er hensyntatt når en sammenligner med tidligere vurderinger. Årsaken til denne endringen er at det gjør det enklere å sammenligne denne metoden med beregnet smittepress (ROC metoden) ved å benytte de samme grenseverdiene (se kapittel 2). Metoden er vurdert i kap. 3.12.

Det foretas prøvefiske av sjørørret og/eller sjørøye med ruse og garn i alle POene. Formålet med lusetellingene på sjørørret og sjørøye fra dette prøvefisket er å gi informasjon om smittepresset på utvandrende laksesmolt. Forutsetningene for en slik bruk av dette som mål på smittepress på laksesmolt er at det er en korrelasjon mellom lus på laksesmolt og sjørørret/sjørøye. Dette er vist blant annet i Vollset mfl. (2017) som konkluderer med at påslagene mellom artene korrelerer, men også at påslagene på ørret er høyere enn på laksesmolt når fisken fanges med samme redskap.

Ruse er det foretrukne redskap da fisken fanges levende og kan slippes fri i naturen etter telling. Rusene er utstyrt med ledegarn som strekker seg fra land og leder fisken ut til et fangstkammer. Fangstkammeret står 30-50 m fra land på 1-2 m dybde (Barlaup mfl. 2013). Rusene sjekkes minst en gang i døgnet. Fiskene løftes over i kar med bedøvelse, fiskens lengde og vekt registreres, og lus i de ulike stadiene telles. Garnfiske supplerer rusene der rusefiske er



utfordrende. Garnene som benyttes er 25 m lange, 1,5-2,5 m dype monofilament flytegarn med maskevidder fra 16 til 26 mm, og settes fra land og utover. Garnene røktes kontinuerlig mens fisket pågår for å unngå at fisken dør i garnene, da mobile lus kan hoppe av om verten dør. Fisk som fanges, klippes ut av garnet, avlives, og lus i de ulike stadiene telles umiddelbart. Fiskens lengde og vekt registreres. Alle som utfører lusetellinger har bestått kurs i artsidentifikasjon, stadiestemmelse og telling av lakselus. For å estimere effekten av den observerte lusesmitten, benyttes grenseverdiene beskrevet over og i Taranger mfl. (2012). All fisk benyttes i vurderingen, og for hver fisk regnes antall lus i alle stadier per gram fiskevekt. Det skilles ikke på sjørørret og sjørøye. Dødelighetsestimater presenteres som estimat med konfidensintervaller. Metoden er vurdert i kap. 3.11.

Det *tråles* etter utvandrende postsmolt av laks i 5 fjordsystemer (Bokna-, Hardanger-, Sogne-, Romsdals- og Trondheimsfjorden). Målet med overvåkingen er å fremskaffe data på infestasjon av lakselus på utvandrende vill postsmolt av laks. Til trålingen benyttes en pelagisk overflatetrål, ca. 35 m bred og 5 m dyp. Det er montert en skillerist i trålen for å separere smolten inn i et akvarium for å minimere skjell- og lusetap (Holst & McDonald 2000). For å estimere effekten av den observerte lusesmitten, benyttes grenseverdiene beskrevet over og i Taranger mfl. (2012). I analysen brukes bare laks. Fisk over 50 g og merket kultivert fisk benyttes ikke i analysene. Det tråles primært i de ytre delene av fjordene på dagtid med 2-4 knop, både med- og motstrøms.

Trålfangstene tas primært i de ytre delene av fjordene, men fisken fanges uansett alltid før den har fullført vandringen i fjordene og langs kysten. Derfor vil antall lakselus på fisken være underestimerer på den totale lusemengden smolten får på seg i løpet av vandringen fra elvemunning til åpent hav. Metoden er vurdert i kap. 3.13. Havforskningsinstituttet har utviklet en metode for å bestemme hvilken elv den trålfangete fisken kommer fra (Harvey mfl. 2019). Dette gir oss anledning til å vurdere effekten av elveposisjon på infestasjon av lakselus. Metoden er ikke i stand til å bestemme all fisken til vassdrag, men vi antar at utvalget som kan bestemmes er representativt for elvene siden antall fisk fanget med trål fra de ulike elvene i Hardangerfjorden samsvarer med teoretisk smoltproduksjon i disse elvene (Harvey mfl. 2019).

### 3.3. Modeller

I rapporten brukes resultater fra modeller som beregner fordelingen av lakselus i tid og rom langs hele kysten. Modellresultatene benyttes til å beregne hvor og når tettheten av smittsomme kopepoditter er så høy at det er skadelig for vill laksefisk, og til å beregne infestasjon på utvandrende postsmolt av laks fra alle de lakseførende elvene i landet. Det presenteres resultater fra Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttet og SINTEF. Alle tre modellene som beregner fordeling av smittsomme lakselus tar utgangspunkt i nauplieproduksjonen ved hvert anlegg. Modellene bruker ulike tilnærminger for å spre pelagiske luselarver langs kysten, og for å lage ulike avledede produkter.

Havforskningsinstituttet og SINTEF bruker hydrodynamiske modeller som beregner vannstrømmene, vanntemperatur og saltholdighet. Disse to modellene er ikke like, men prinsippene for vannbåren transport er de samme. Veterinærinstituttet bruker en mer statistisk basert modell hvor tettheten av lakselus avtar med avstanden fra utslippspunktet. Modellenes egnethet er vist ved å sammenligne med data fra vaktbur og villfanget fisk. En mer detaljert

beskrivelse av de enkelte modellene står under, og fullstendig beskrivelse inngår i vedleggene med tilhørende referanser.

### Beskrivelse av Havforskningsinstituttets (HI) modellsystem

For å kunne regne ut hvor de smittsomme lakseluslarvene befinner seg til enhver tid, har Havforskningsinstituttet utviklet en modell (eller mer korrekt et system av modeller) som beskriver hvordan lakselus ved hjelp av vannstrømmer fordeles i vannmassene (se <https://github.com/bjornaa/ladim> og appendiks IV for flere detaljer). Den hydrodynamiske modellen som beregner strøm, saltholdighet og temperatur er kvalitetssikret og validert i Asplin mfl. 2021, og miljøtilstanden i 2021 er rapportert i appendiks III Fysisk miljø-HI.

Først beregnes utslipp (antall) av nyklekte larver fra alle rapporteringspliktige oppdrettsanlegg (Stien mfl. 2005). Disse larvene opplever temperatur, saltholdighet og strøm (fra den hydrodynamiske modellen, Asplin mfl. 2020) i den posisjonen de befinner seg. Basert på tilgjengelig kunnskap om lakselusas utviklingshastighet, atferd og dødelighet blir det beregnet hvordan larvene sprer seg med strømmen, først som ikke-smittsomme nauplier og videre som smittsomme kopepoditter. Sluttproduktet er fordelingen av smittsomme kopepoditter i fjordene og langs hele kysten time for time, noe som gir en god og detaljert oversikt over hvilke områder som til enhver tid har mye eller lite lakseluslarver. Kopepodittetthetskartene (figur 4 i appendiks IV) viser stor romlig variasjon, med en klar tendens til oppsamling langs land, og i fronter og virvler. Det er også en kraftig økning utover våren/sommeren (figur 3 i appendiks IV) i de fleste produksjonsområdene. Kopepodittkonsentrasjonen er summert over 0-2 meters dybde, hvor det er antatt at postsmolten befinner seg. Hvor mye smitte villfisken utsettes for vil henge sammen med antall lakseluslarver i området.

Det har blitt produsert et arkiv med modellsimuleringer som inneholder geografisk fordeling av lakseluslarver (nauplier og kopepoditter) time for time for perioden 1/4 til 1/9 i årene 2012 til 2021. Som et ledd i arbeidet med å videreutvikle modellsystemet ble partikkelspredningsmodellen (LADIM) til HI omprogrammert til et mer fleksibelt system våren 2017. Denne modellversjonen er fritt tilgjengelig på (<https://github.com/bjornaa/ladim>). I Crosbie mfl. (2019) ble det i laboratorieeksperiment funnet at lakselus-kopepodittene i økende grad unnviker vann med saltholdighet fra 31 til 23. Dette ble implementert i Havforskningsinstituttet sin lakselusmodell, til erstatning fra den gamle saltholdighets-unnvikelsen på 20 (Heuch 1995). Den nye metoden er validert mot vaktbursdata fra 2012-2017 og viste en betydelig forbedring av det estimerte smittepresset (Sandvik mfl. 2020). I tillegg produseres det ukentlig 10-dagers gjennomsnittsverdier som publiseres [www.lakselus.no](http://www.lakselus.no).

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** produkter som er en **tolkning** av kopepodittkonsentrasjonen. Det ene produktet betegnes *HI kalibrert smittepress* eller *ROC (Relative Operating Characteristic)* etter metoden som er benyttet til å beregne smittepress fra tetthetskartet. ROC har blitt kalibrert mot observert lusepåslag på kultivert laksesmolt som har stått 2-3 uker i vaktbur i sjøen, beskrevet i Sandvik mfl. (2016, 2020, 2021) og appendiks IV. Det andre produktet er *HI virtuell smolt* der konsentrasjonen av kopepoditter er kalibrert mot observert lusepåslag på vill laksesmolt som er fanget med trål, som beskrevet i Johnsen mfl. (2021) og appendiks IV. I Myksvoll mfl. (2020) er begge metodene anvendt i kombinasjon for å illustrere hvordan metodene utfyller hverandre.

*Kolonne: HI kalibrert smittepress (ROC)*

Verdien i kolonnen *HI smittepress* er satt på bakgrunn av en samlet vurdering: 1) horisontalt smittepresskart, 2) indeks som viser tidsutvikling og estimert sannsynlighet for høyt påslag (dødelig for små fisk) for hele området rundt beregnet utvandringstidspunkt.

1) Horisontale ROC-kart kan lettest tolkes som resultatet fra virtuelle vaktbur som har vært utplassert i et finmasket rutenett i alle fjordsystemene og langs kysten. Fargene tolkes som at villfisken som oppholder seg i områder med høyt smittepress (rødt) i hele den angitte perioden kartet gjelder for (30 dager, se appendiks IV), mest sannsynlig vil få på seg mer enn 6 lus, mens laksefisk som oppholder seg i område med lavt smittepress (grønn) vil få på seg mindre enn 2 lus. I områder med middels smittepress vil den ville laksefisken få på seg mellom 2 og 6 lus, og det er antatt at sannsynligheten for høy påvirkning i det gule området er 50 %.

2) Beregning av indeks

For å gi et objektivt mål på hvor stor andel av et PO det er sannsynlig med høyt påslag av lakselus på vill laksefisk, er det definert en indeks:

$$I = \frac{\text{Areal Rød}(30d) + 0.5 * \text{Areal Gul}(30d)}{\text{Areal antatt leveområde}},$$

der ”Areal Rød (30d)” og ”Areal Gul (30d)” er henholdsvis størrelsen på det røde og gule området summert over 30 dager, og ”Areal antatt leveområde” er totalarealet avgrenset av en linje som ligger 9,6 km fra land (se figurer i appendiks IV for utbredelse). Indeksen er videre beregnet som en 30 dagers glidende sum, og deles i tre kategorier: høy, moderat og lav, som referer til andel av areal med sannsynlighet for høyt påslag på > 30%, 10-30 % og < 10 %.

Dette er et grovt anslag, men utfyller observasjonene på en god måte ved at indeksen beskriver både hvor i POet smittepresset er høyt, og i hvor stor del smittepresset er høyt over hele utvandningsperioden.

Definisjonen av fjordarealet vil påvirke resultatet slik at jo lenger til havs fjorden er definert jo større blir det totale arealet og jo mindre (relativt sett) blir de påvirkede områdene.

Grenseverdiene er usikre, og det ble derfor utført sensitivitetstester der grensen for rødt ble satt til 12 lus per fisk. Se appendiks IV for flere detaljer.

*Kolonne: HI Virtuell smolt*

For å tallfeste hvor mange kopepoditter en virtuell postsmolt av laks får på seg når den svømmer gjennom den modellerte lusekonsentrasjonen, er det utviklet en vandringsmodell som følger postsmolten fra elv til hav. Antall lus på den virtuelle smolten er kalibrert mot antall lus på trålfanget laksesmolt. For å beregne dødelighet er terskelverdiene i kapittel 2 («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk») benyttet. Det er regnet ut en dødelighet for hver elv i POene. En detaljert beskrivelse av metoden og resultat er gitt i appendiks IV. Det er videre beregnet et uvektet gjennomsnitt innen hvert PO.

**Beskrivelse av Veterinærinstituttets (VI) modellsystem**

VI har utviklet en modell for beregning av luseindusert dødelighet hos utvandrende laksesmolt. Dette er en sammensatt modell, der sentrale prosesser som leder opp til risiko for dødelig

luseinfestasjon modelleres stegvis fra lakselusens reproduksjon til påslag på utvandrende laksesmolt. Til slutt kvantifiseres risiko for at fisken dør på grunn av infestasjonen.

Steg 1, smittepressmodellen: Her beregnes smittepress med opphav i oppdrettsanlegg langs kysten. Dette gjøres ukentlig med bakgrunn i rapporterte tall for reproduktive hunn lus, antall fisk og temperatur ved alle aktive lokaliteter langs kysten. Disse dataene benyttes til beregning av eggproduksjon, utviklingstider til smittsomme luselarver og larvenes dødelighet i løpet av utviklingstiden (basert på estimater fra bl.a. Stien mfl. 2005, oppdatert med nye studier som beskrevet i Stige mfl. 2021). Fra hvert anlegg spres larvene ut i vannmassene med avtakende konsentrasjon med økende sjøavstand (Kristoffersen mfl. 2014, Aldrin mfl. 2019; Stige mfl. 2021). Det resulterende smittepresset tar også hensyn til temperaturavhengighet i larvenes evne til å feste seg til laksesmolten. Smittepresset vises fortløpende i kart ([www.vetinst.no/lusekart](http://www.vetinst.no/lusekart)) og brukes som inngangsdata i påslagsmodellen.

Steg 2, påslagsmodellen: Her benyttes observerte lusepåslag på kultiverte laksesmolt i vaktbur (se avsnitt 4.12) til å beregne antall lusepåslag per fisk per uke (påslagsrate) som en funksjon av smittepress. Funksjonen for påslagsrate tilpasses som en negativ binomial regresjonsmodell som tallfester hvor mange lus hver smolt får på seg avhengig av smittepresset og hvor mange dager molten utsettes for smittepresset. Regresjonsmodellen brukes senere til å simulere lusepåslag med negativ binomial variasjonsstruktur langs smoltens utvandningsrute. Regresjonsmodellen tallfester også hvor mye lusepåslagene varierer mellom områder og tidspunkt for bursøkene på grunn av andre faktorer enn det beregnede smittepresset. Denne variasjonen representerer den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå for et gitt beregnet smittepress. For å vise usikkerheten i sammenhengen mellom beregnet smittepress og observert lusenivå ble denne variasjonen brukt til å beregne et beste og et verste scenario. Beste scenario er 5-prosentilet og verste scenario er 95-prosentilet i variasjonen og tilsvarer å henholdsvis dele eller gange det forventede lusepåslaget på hver fisk med en faktor 4,9. Scenarioene representerer dermed et 90 % konfidensintervall for erfaringsbasert variasjon i lusenivå.

Steg 3, utvandningsmodellen: Her brukes påslagsmodellen til å beregne påslag på utvandrende smolt fra alle vassdragene. Modellen beregner påslaget for hvert vassdrag på tre ulike tidspunkt; ett ved utvandningsperiodens startdato, ett ved midlere dato for utvandring, og ett ved sluttdato. Det antas at molten beveger seg korteste vei i sjøavstand fra elveutløp til hav, med en hastighet tilsvarende 20 mil på fire uker som tilsvarer 8,2 cm per sekund (Thorstad mfl. 2012). Langs sin vei oppholder molten seg i kjente smittepress i en kjent tidsperiode, slik at akkumulerte påslag kan beregnes ved hjelp av påslagsmodellen.

Steg 4, dødelighetsmodellen: Utvandnings- og påslagsmodellen brukes så til å simulere lusepåslag på 100.000 virtuelt utvandrende smolt, der antall lus per fisk er negativ binomialfordelt. Dødelighetsprognoser for 20 grams smolt (Taranger mfl. 2012, Kapittel 2) brukes videre til å beregne andel døde av de virtuelle smoltene.

Steg 5 oppsummering: Dødelighet for smolt som vandrer ut ved startdato, ved midlere utvandningsdato og ved sluttdato fordeles over hele utvandningsperioden etter en bestemt fordeling, og en samlet dødelighet for hele utvandningsperioden beregnes.

Resultatene presenteres både på vassdragsnivå, og som vektete og uvektede gjennomsnitt for POene. Vektingen i gjennomsnittsberegningene baseres på hvert vassdrags teoretiske smoltproduksjon. Resultatene kategoriseres deretter til: lav beregnet lakselusindustri

dødelighet; dødelighet < 10 %, moderat beregnet lakselusindusert dødelighet; dødelighet 10 – 30 % og høy beregnet lakselusindusert dødelighet; dødelighet > 30 %. Usikkerheten i risikoestimatene beskrives som stor hvis verste scenario anslår høy beregnet lakselusindusert dødelighet, mens forventet scenario anslår lav beregnet lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten beskrives som middels hvis disse anslagene varierer med én klassifisering. Usikkerheten beskrives som liten når begge anslagene tilsier samme kategori. I tillegg til usikkerheten som fremgår av forskjellen mellom forventet og verste scenario, er det foretatt sensitivitetsanalyser for å justere antakelser knyttet til utvandningsperioder, utvandningsprogresjon og dødelighet relativt til påslag. Detaljert beskrivelse av beregningsmodellen og sensitivitetsanalyser fremgår av appendiks V og Kristoffersen mfl. (2018).

### **Beskrivelse av SINTEFs modellsystem**

SINTEF anvender modellsystemet SINMOD for å modellere spredning av lakselus og smittepåslag på utvandrende postsmolt. Spredning og utvikling av pelagiske stadier modelleres ved en strukturert populasjonsmodell som er koblet til SINMODs hydrodynamiske modul. Egg som slippes fra anleggsposisjonene spres med simulert strøm. Feltet av luselarver er i tillegg gitt en vertikal adferd der de svømmer oppover for å holde seg i de øvre 7 m av vannsøylen, eller nedover for å unngå for ferske vannmasser (mindre enn 20 promille i saltholdighet). Utviklingshastigheten fra nauplier til smittsomme kopepoditter avhenger av vanntemperatur og det er videre antatt en konstant dødelighet. Modellen bruker mest mulig realistiske inputdata (f.eks. vind, ferskvannsavrenning, tidevann osv) og data for hvor mange egg som slippes ut på ulike lokaliteter. Resultatet er en tidsutvikling av konsentrasjonsfelt av smittsomme kopepoditter som brukes for å beregne smittepress på utvandrende smolt. Smoltmodellen som SINTEF har brukt er også koblet til den hydrodynamiske modulen i SINMOD. Her er det antatt at den virtuelle smolten svømmer i de øverste 4 m med strømmen og med en svømmehastighet på en kroppslengde per sekund. I tillegg er de virtuelle smoltene gitt en drift utover mot kysten ut fra beregnet korteste avstand fra hvert gridpunkt til grunnlinjen. Metoden gir variasjon i utvandningsruter, men den forutsetter også at strømmen går utover i overflaten i fra elvemunning til kyst. Dette er ikke alltid tilfelle. Modellen vil derfor mangle data for enkelte elver. Burdata fra 2018, 2019 og 2020 er brukt for å beregne sannsynlighet for påslag av lus ut fra modellert konsentrasjonsfelt. Påslag beregnes ut fra integrert smittepress under utvandring for hver virtuelle smoltpartikkel. Dødelighet beregnes deretter ut fra grenseverdiene i kapittel 2 («Grenseverdier for infestasjonsnivå av lakselus på vill laksefisk»). Modellen gir estimater for elver i PO 2 til 7. Mer informasjon om modellsystemet finnes i Appendiks VI.

### **3.4. Oppdatering av metoder for 2021 sesongen.**

Det skjer stadig utvikling av metodene som blir brukt i vurderingene. I den følgende teksten oppsummerer vi de viktigste endringene i forhold til tidligere ekspertgrupperapporter som er gjort i de forskjellige metodene. De største endringene fra tidligere år er (1) at alle virtuelle smoltmodeller nå har implementert utvandringstidspunkt fra den nylig publiserte artikkelen Vollset mfl. (2021). Dette har ført til noen små endringer i estimatene. I tillegg har VI oppdatert sin modell som beskrevet i Stige mfl. (2021). Disse endringene har hatt noen små utslag på usikkerhetsvurderingen for 2020. Dette er beskrevet i mer detalj i kapittel 5.

### *Endring i innsamling av observasjonsdata*

Metodene for telling og innsamling av fisk er ikke endret fra tidligere år, men prøvetakingstidspunkt og stasjoner er noe endret fra tidligere år på grunn av lokale forhold og endringer i NALO-programmet sine prioriteringer. Tidligere har en ekskludert all fisk over 100 g, fra i år er denne grensen endret til 50 g. Disse endringene er vurdert i Appendiks II. Alle figurene som vises i denne rapporten og Appendiks II er endret med de nye grenseverdiene. Observasjonsdata er publisert på [www.nmdc.no](http://www.nmdc.no).

### *Oppdatering av HI sine modellsystemer*

Havforskningsinstituttets modellsystem er basert på publikasjonene om den hydrodynamiske modellen (Asplin mfl. 2020), kalibrert smittepress (Sandvik mfl. 2016, 2020, 2021) og virtuell smoltmodell (Johnsen mfl. 2021). Det er ikke gjort noen endringer i selve modellen for 2021 sesongen relativt til 2020 eller disse publikasjonene. Den største endringen i årets vurdering er at modellert utvandringstidspunkt fra Vollset mfl. (2021) er tatt i bruk, derfor ble også 2020 kjørt på nytt for å være sammenlignbart med 2021. Vurderingen av usikkerhet fra den virtuelle smoltmodellen er også oppdatert, se beskrivelse i kap. 4.6.

### *Oppdatering av VI sine modellsystemer*

Veterinærinstituttets virtuelle smoltmodell er også oppdatert, med følgende endringer etter rapporten fra 2020 (se vedlegg V for detaljer):

- 1) Modellen er oppdatert på bakgrunn av ny kunnskap om hvordan smittetrykket avtar med avstanden fra smittekilene og hvordan sjøtemperaturen påvirker produksjonen av luselarver og luselarvenes evne til å feste seg på smolten (Stige mfl. 2021). Spesifikt bruker vi nå en avstandsfunksjon som antar noe kortere spredning av luselarver fra oppdrettsanleggene (likning 7b i Stige mfl. 2021). Vi bruker også en ny funksjon for hvordan larvenes utviklingstid avhenger av temperaturen (likning 11b i Stige mfl. 2021). Videre tar vi hensyn til at temperaturen påvirker hvor mange egg hver eggstreng inneholder (likning 3b i Stige mfl. 2021), eggenes klekkesuksess (likning 3c i Stige mfl. 2021) og luselarvenes evne til å feste seg på laksesmolten (likning 13a i Stige mfl. 2021). Dette var endringer i modellforutsetninger som i en systematisk uttesting ga bedre prediksjoner av lusemengden på smolt i vaktburforsøk (Stige mfl. 2021).
- 2) Valideringsdata: Vi bruker lusepåslag på smolt i bur fra og med 2012 til og med 2020 til kalibrering av påslagsmodellen og data fra 2021 til validering av modellen. Til sammenlikning brukte vi i fjorårets rapport data fra og med 2012 til og med 2018 til kalibrering og data fra 2019 og 2020 til validering.
- 3) Utvandringstider: Vi bruker estimater fra en statistisk modell for utvandringstider (Vollset mfl. 2021). Disse modellestimatene ble i fjorårets rapport kun brukt i en sensitivitetsanalyse.
- 4) Rutinen for å identifisere feilrapporterte temperaturdata er forbedret.

Modellberegninger for 2020 med oppdatert modell er vist i Tabell 2. Kategoriseringen av dødelighet i intervallene 0-10 %, 10-30 % eller mer enn 30 % for produksjonsområdene i 2020 endret seg ikke med de nye modellantakelsene implementert i år. Dødeligheten i det verste scenarioet endret seg fra mer enn 30 % til 10-30 % for produksjonsområder 7 og 8 for 2020. Disse endringene medfører at usikkerheten for VIs modellestimater for disse produksjonsområdene går fra stor til middels. Som sensitivitetsanalyser viser vi i vedlegg V beregninger gjort med samme antakelser som i fjorårets trafikklýsarbeid for utvandringstider (jfr. punkt 3). Ved å sammenlikne disse resultatene med fjorårets analyser ser vi også betydningen av de andre endringene i modellformulering (punkt 1, 2, og 4). Disse sammenlikningene viste at endringene i resultater i hovedsak kom av de nye forutsetningene

for utvandringstider, mens de øvrige endringene i modellforutsetninger hadde liten betydning for den beregnede dødeligheten på produksjonsområdenivå.

*Oppdatering av SINTEF sine modellsystemer*

I SINTEF sin tilnærming brukes en hydrodynamisk modell koblet til en spredningsmodell for lus og en virtuell smoltmodell. Den hydrodynamiske modellen er under kontinuerlig utvikling, men det er kun gjort mindre tekniske justeringer siden 2020. Den Eulerske modellen for spredning og utvikling av pelagiske stadier av lakselus er ikke endret. Modellering av drift for smolt er ikke endret fra 2020, bortsett fra utvandringstidspunkt fra Vollset mfl. (2021) benyttes for beregningene for 2021.

## 4. Forutsetninger og usikkerheter i vurderingen

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

Ekspertgruppen påpekte relativt tidlig at grenseverdiene bør gjennomgås og evalueres på nytt; både av hensyn til at de kan være 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. I størrelsesorden 30-40 % av lusene kan dø fra påslag til de bevegelige stadiene, men vi kjenner også til forsøk hvor overlevelsen til lus har vært over 80 % eller tilnærmet 0 %. For lettere å kunne sammenlikne resultater og bruke resultatene i trafikklysarbeidet bør dødeligheten til lusen hensyntas i kommende forsøk og beregninger. Et eksempel på dette er at man hos postsmolt av laks tatt i trål hovedsakelig observerer fastsittende stadier. Gitt en dødelighet fra de fastsittende til de mer skadelige preadulte og adulte bevegelige stadiene, vil sannsynligvis lusemengden på postsmolten tatt i trål være et overestimat av hvor mange lus som til slutt ender opp som mer virulente preadulte stadier. Samtidig er det også vanskelige å observere alle små stadier av lus.

Siden 2012 er det gjort undersøkelser på oppdrettet, kultivert (1. generasjon villfisk), samt villfanget smolt. I 2019 ble det i vedlegg til Trafikklysrapporten vurdert om det var tilkommet ny informasjon som gjorde at man burde revurdere disse grensene (jfr. Appendiks XI, 2019). I dette appendikset er det vist at forsøk med oppdrettet og kultivert fisk kan indikere noe høyere grenseverdier for dødelighet enn hva som blir benyttet. Disse forsøkene indikerer dødelighet fra ca. 0,2 lus/g, og økende opp mot ca. 0,6 lus/g. Fysiologiske effekter ses fra ca. 0,2 lus/g, og det er observert tapt tilvekst. Nullvekst ble i det ene forsøket estimert fra 0,5 lus/g. Resultatene fra to av forsøkene med trålfanget vill laksesmolt, både naturlig og kunstig smittet, støtter opp under de grensene for dødelighet som er foreslått (Taranger mfl. 2012), mens det siste forsøket indikerer noe høyere grenseverdier (100 % dødelighet ved > 11 lus per fisk, dvs. ca. 0,6 lus/g fisk).

Oppdrettet og kultivert fisk, samt de førede villfiskgruppene er større enn villfisk, og kondisjonen er i utgangspunktet bedre, og trolig er det forskjeller i atferd, fysiologisk respons, skinntykkelse/slimlag, og sammensetting. Overføringsverdien fra laboratoriet til naturen bør derfor vurderes med varsomhet. Det som ytterligere kompliserer overføringsverdien er de vesentlige forskjellene mellom et liv i et beskyttet karmiljø og naturen. Det er flere faktorer som vil kunne underestimere dødeligheten i naturen som ikke fanges opp i karforsøk, eksempelvis predasjon, tapt evne til beiting, effekt av redusert vekst og atferdsendringer. Villfisk som tas ut av sitt naturlige miljø og settes i kar opplever trolig miljøendringen som et vesentlig stressелеment, og karforsøk med villfanget fisk kan derfor overestimere dødeligheten om denne fisken ikke tilvenner seg karforholdene.

Etter en gjennomgang av ny informasjon siden 2012 ble det derfor i vedlegget fra 2019 konkludert med at en ikke har grunnlag for å endre grenseverdiene foreslått av Taranger mfl. (2012). Det anbefales videre forskning på sammenhengen mellom luseinfestasjon og effekter (vekst, atferd, dødelighet, fysiologisk respons) på vill laksefisk, og da resultater fra karforsøk vanskelig kan overføres til naturen, anbefales videre forsøk også gjort i naturen.



Arbeidet med effekter av lakselus på kunstig infisert kultivert postsmolt av laks med en snittvekt på 40 g er publisert (Fjelldal mfl. 2020). Her ble det konkludert med at både fysiologiske effekter og dødelighet ble observert på fisk med mer enn 0,2 lus/g fiskevekt. Siste dag i forsøket ble det tatt ut 10 døende fisk, disse hadde i snitt 0,6 lus/g, mens fisk som ikke ble klassifisert som døende da hadde i snitt 0,37 lus/g. Siden det var stor dødelighet på slutten av forsøket, må en anta at dødeligheten som her er observert (29,7 % i den lusesmittede gruppen når døende fisk siste dagen er inkludert) er minimumsestimater. I et oppfølgingsforsøk med kultivert laks på ca. 300 g smittet med i snitt 0,08 og 0,35 lus/g ble det ikke funnet noen sammenheng mellom dødelighet og luseinfeksjon, eller luseinfeksjon og grad av kjønnsmodning hos hannene, men det var en negativ effekt av infeksjon på vekst og kondisjonsfaktor (Fjelldal mfl. under revisjon).

Det er også nylig publisert to nye artikler fra laboratorieforsøk fra Canada (Godwin mfl. 2020, Metcalf mfl. 2021). Disse studiene rapporterer ikke antall lus per fisk eller hvor mange lus som er grenseverdi for dødelighet, men fokuserer på hvordan lusepåslag («zero», «low» (median 1,6 lus), «high» (median 6,8 lus)) og temperatur kan vekselvirke og at overlevelse, vekst og kondisjon forverres i gruppen med moderate og høye lusepåslag når temperaturen øker. Resultatet støtter altså konklusjonen fra en rekke publikasjoner som påpeker at effekten av lus er kontekststøttet (se for eksempel Vollset mfl. 2015).

Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i tålegrenser er tallfestet for HIs og SINTEFs virtuelle-smoltmodeller ved å vurdere hvordan endrede tålegrenser endrer dødelighetsestimatene.

#### 4.2. Vurdering av bestandsstatus ved estimering og evaluering av effekt av lakselus

I denne rapporten har vi estimert dødelighet som prosent av populasjonen av utvandrende postsmolt av laks, og utregningene er derfor uavhengig av hvor mange som vandrer ut. Effekten på bestanden vil imidlertid avhenge sterkt av bestandsstatus. For eksempel, hvis reduksjonen i overlevelse 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 god 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 (Anon. 2013) er oppnåelse av normalt høstbart overskudd beskrevet som et viktig kvalitetselement.

Antall fisk som kommer tilbake til elven vil også være en indikator på om tilstanden for bestanden er bærekraftig. Bestander fra den samme regionen påvirkes i stor grad av de samme forholdene i havet (det vil si forhold etter fisken har forlatt kysten). Variasjon i tilbakevandringssrate mellom bestander i en region kan derfor gi informasjon om lakselusindusert dødelighet. En slik beregning er imidlertid komplisert fordi fisk fra forskjellige kohorter og bestander kommer tilbake etter ulikt antall år i sjøen, vandrer ut på forskjellige tidspunkt, og har forskjellige utgangspunkt når det gjelder størrelse og utvikling. Vi mener likevel at det er grunn til å ta bestandsstatus med i betraktning når man evaluerer en eventuell effekt av lakselus. For eksempel kan det være grunn til å tvile på modellestimater som tilsier høy lakselusindusert dødelighet i et område dersom området har vedvarende sterke høstbare bestander. På den andre siden kan dårlig bestandsstatus ha mange årsaker, og det er ikke

nødvendigvis et misforhold mellom dårlig bestandsstatus og lav lakselusindusert dødelighet. Slike hensyn må tas når man gir råd angående påvirkning av lakselus.

Vitenskapelig råd for lakseforvaltning gjorde i 2017 en nasjonal analyse av hvor stor del av variasjonen i bestandsstatus en eldre versjon av lusemodellen til VI (Kristoffersen mfl. 2018) kan beskrive (Anon. 2017b). De 169 bestandene som inngikk i beregningene var fordelt over hele landet, og dekket både oppdrettsintensive områder og områder der det er lite oppdrett (øst for Rogaland) eller hvor smittepresset var lavt (Troms og Finnmark). Dersom det antas at resten av bestandene i gjennomsnitt hadde samme lusepåvirkning som de som inngikk i analysen, og at kjønnene ble påvirket likt, kan tapet i antall laks på innsig til kysten av Norge illustreres. Hvis man tar utgangspunkt i det gjennomsnittlige innsiget i perioden 2010-2014 på ca. 475.000 laks tilsier regresjonsmodellen i disse beregningene, med de antagelsene som er gitt i Anon. (2017b), at innsiget ville ha vært ca. 528.000 laks uten lakselusindusert dødelighet, og at det årlige tapet var på ca. 50.000 laks. Det vil si et tap på 10 % av villaksen grunnet lakselus. Effekten var stor i Hordaland, og moderat langs kysten helt opp til Sør-Helgeland.

Siden rapporten i 2017 har også Vitenskapelig råd for lakseforvaltning oppdatert sin analyse av hvor god forklaringsgrad lusesmittemodellene til HI og VI har for å forklare romlig variasjon i bestandsstatus i norske lakseelver (Anon. 2019). I de oppdaterte modellene har de brukt både estimert høstingspotensiale og innsiget til hver bestand i prosent av gytebestandsmålet for 2018 som responsvariabler i regresjonsanalyser, og brukt data fra VI og HI virtuell smolt som forklaringsvariabler fra perioden 2016 og 2017 (avhengig av sjøalderfordelingen i bestandene). Vi fokuserer på prosent av gytebestandsmålet når vi diskuterer disse resultatene ettersom det er mer logisk kobling til risikobidraget slik vi tolker lakselusindusert villfiskdødelighet i denne rapporten. I analysen konkluderes det med at oppnåelse av gytebestandsmål og effekt av lakselus (Virtuell smolt estimator) er viktige forklaringsvariabler. Forklaringsgrad av den endelige modellen var i underkant av 30 % (for begge smittepressmodellene). Resultatene indikerer at reduksjon i høstbart overskudd på grunn av lakselus er i mange av elvene på Vestlandet (PO3-P05) over 10 %, mens også et fåtall hadde en reduksjon på over 30 %. I Nord-Norge var det liten eller ingen effekt av lakselus.

Ekspertgruppens vurdering av disse resultatene er at virtuell smoltmodellene virker til å være gode verktøy for å beskrive romlig mønster av dødelighet, men at det er viktig å se resultatene i sammenheng med observasjonsdata på luseforekomster i trål, vaktbur, ruser og garn fra de forskjellige POene.

### **4.3. Mellomårlig variasjon og sesongutvikling**

I alle POer er det forholdsvis lite kopepoditter tidlig på våren, og mengden kopepoditter øker kraftig utover våren/sommeren i de fleste POene. Variasjon/usikkerhet i tidspunktet for når smolten fra de ulike elvene vandrer mot havet vil for enkelte POer være sammenfallende med det tidspunktet da antall kopepoditter øker mest. Tidsutviklingen av antall smittsomme kopepoditter innen hvert PO gir derfor nyttig informasjon når usikkerheten i resultatet skal diskuteres. I årets rapport er dato for median utvandring endret basert på en ny publikasjon (Vollset et al. 2021). Alle tabeller og figurer som vises i denne rapporten og tilhørende vedlegg er oppdatert med denne informasjonen, og alle estimatene er tilbakeberegnet for alle årene vist i tabellene/figurene. Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i utvandringstidspunkt er tallfestet for HIs og SINTEFs modeller.

#### 4.4. Usikkerhet i kildeleddet

Antall lakselus på oppdrett laksefisk rapportert fra alle anleggene i Norge er viktige 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). Det har ved flere anledninger blitt påpekt at det er behov for informasjon om eksakt dato for når de rapporteringspliktige observasjonene ble foretatt. Per dags dato rapporteres antall lus per fisk og temperatur i 3 m dyp en gang i uken (med ukenummer som tidsangivelse) og antall fisk (biomasse) en gang i måneden (også denne uten at dato er oppgitt) og det oppgis ikke når tellingen er foretatt i forhold til evt. avlusing. Da slakterier ikke rapporterer antall fisk eller antall lus per fisk i slaktemerdene, samt at anleggene er fritatt for telling av lus dersom all fisken slaktes ut innen 14 dager etter at tellingen skulle vært utført, og stamfiskanlegg kan unntas fra telling, bidrar dette til en unødvendig usikkerhet i modellestimatene.

#### 4.5. Dødelighet i pelagiske stadier av lakselus

Kunnskap om naturlig dødelighet hos 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 og diskusjon i Brooker mfl. 2018). For eksempel vil høy predasjon av de frittlevende lusestadiene føre til overestimering av smittepresset og lav predasjon til underestimering. Siden smoltmodellene kalibreres med observasjonsdata vil vi ikke forvente at dødeligheten til de pelagiske stadiene av lakselus medfører systematisk over- eller underestimering av lusepåslag. Slik dødelighet er imidlertid en av faktorene som bidrar til at observerte lusenivåer er forskjellig fra modellprediksjonene. Usikkerhet i dødelighet for de ulike POene knyttet til usikkerhet i sammenhengen mellom modellert og observert lusenivå tallfestes i Veterinærinstituttets virtuell-smoltmodell.

#### 4.6. Usikkerhet i Havforskningsinstituttets modellvurdering

Kvaliteten på modellsystemet har blitt belyst i en rekke studier i ulike fjordsystem (Asplin mfl. 2014, 2020; Johnsen mfl. 2014, 2016; Skardhamar mfl. 2018), inkludert validering av lakseluspåslag på smolt i vaktbur (Sandvik mfl. 2016, 2020, 2021), mot lus på garn- og rusefanget fisk fra overvåkingsprogrammet (Myksvoll mfl. 2018) og mot lus på trålfanget postsmolt laks med kjent opphavslev (Johnsen mfl. 2021).

I utregningen av metoden «HI smittepress» er det ikke inkludert informasjon om hvor fisken befinner seg på et gitt tidspunkt, men integrert smittepress i et punkt over et gitt tidsrom. Metoden kan lettest tolkes som resultatet der vi har utplassert virtuelle vaktbur i et finmasket rutenett i hele fjordsystemet og langs kysten, og den har derfor samme styrker og svakheter som observasjonene fra vaktburene. Smittepresset på vill laksefisk har grovt blitt klassifisert som høyt, middels og lavt, der grenseverdiene 1 og 10 lus for lav og forhøyet smittepress har blitt benyttet i de publiserte arbeidene. I appendiks IV viser vi resultat der grenseverdiene er satt til 2 og 6 lus, i samsvar med grenseverdiene som er benyttet i de andre vurderingene i denne rapporten (basert på Taranger mfl. (2015)). Grenseverdiene er valgt basert på tilgjengelig kunnskap, og vil bli justert når nye data kommer til. Grenseverdiene er usikre, og grensen på 6 lus per fisk for forhøyet smittepress vil sannsynligvis føre til at modellen overestimerer smittepresset når vi summerer over 30 dager. Resultatet av denne er rapportert for hvert PO.

Usikkerheten til metoden, når det kommer til å anslå sannsynlighet for høyt lusepåslag (dødelighet) for utvandrende smolt, er først og fremst tidspunktet for når smolten er i fjorden og dermed hvilken periode det skal integreres over.

Havforskningsinstituttet sin virtuelle smoltmodell inneholder en smitte modul som overfører modellert kopepodittfordeling til antall lus på trålfanget utvandrende postsmolt av laks (appendiks IV, Johnsen mfl. 2021). For å kalibrere påslagsraten og variansen, har vi benyttet observert antall lus på fisk fra tråltrekk gjort i perioden 2015-2019. Fisken er analysert genetisk for å kartlegge opphavslev (metode beskrevet i Harvey mfl. 2019), og hver enkelt observert fisk kan da kobles til en gruppe virtuelle postsmolt som har gått fra den samme opphavslev i det samme tidsrommet. Det er godt samsvar mellom tråldata og modellresultat både med tanke på forventet antall lus og de beregnede dødelighetsestimatene (Johnsen mfl. 2021). Resultatene er følsom for når smolten vandrer ut og formen på den antatte utvandringsskurven. Dette diskuteres videre i appendiks IV.

Usikkerhetsvurderingen i tabell 2 for HI virtuell smolt fremkommer ved å variere utvandringstidspunktet ( $\pm 10$  dager) og endre dødelighetsgrensene (Johnsen mfl. 2021, Kristoffersen mfl. 2018). Endrede dødelighetsgrenser innebærer at man reduserer dødelighet fra lakselus slik at grenseverdiene blir: 0-2 lus = 0% dødelighet, 2-3 lus = 10% dødelighet, 4-6 lus = 25% dødelighet, 7-10 lus = 50 % dødelighet og  $>10$  lus = 100% dødelighet, og øker dødelighet fra lakselus slik at grenseverdiene blir: 0-1 lus = 0% dødelighet, 2-3 lus = 40% dødelighet, og  $>3$  lus = 100% dødelighet. For hvert produksjonsområde oppgis også prosentandelen elver som har samme kategorisering som det uvektede gjennomsnittet fra den virtuelle smoltmodellen. Denne prosentandelen er ikke hensyntatt i usikkerhetsvurderingen, men er relevant informasjon for å vurdere hvor representativt gjennomsnittsverdien er for elvene i produksjonsområdet.

#### **4.7. Usikkerhet i Veterinærinstituttets modellvurdering**

Det er knyttet usikkerhet til en rekke antakelser i hendelseskjeden definert av Veterinærinstituttets risikomodel. Usikkerhet i smitteprosessen er delvis håndtert ved beregninger av verste og beste scenarioer. Scenarioene representerer erfaringsbasert variasjon i påslag av lus på laksesmolt i bur som ikke forklares av det beregnede smittepresset. Disse effektene er knyttet til område og tidsperiode for burforsøkene, og representerer derfor usikkerhet knyttet til systematisk variasjon i observerte påslag av lus på burfisk. Analyser presentert i Stige mfl. (2021) viser at modellens verste og beste scenarioer gir et realistisk bilde av usikkerheten til modellprediksjoner av antall lus på smolt i vaktburforsøk, også for områder og år som ikke er brukt i modelltilpasningen. Effektene av område og tidsperiode tallfestes ved såkalte tilfeldige effekter i smitte modellen. De tilfeldige effektene for de fleste områder og år faller på begge sider av null (Figur 1b i appendiks V); det er med andre ord i liten grad systematiske trender mellom områder eller år i den uforklarte variasjonen. Smitte modellens usikkerhet varierer noe mellom produksjonsområdene, der særlig de observerte påslagene på fisk i Sognefjorden generelt er systematisk høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi. Smitte modellen viste en relativt god prediksjonskraft for observerte lus på fisk i 2019. I 2020 forelå det bare observasjonsdata fra burforsøk i Hardanger til å sammenlikne modellprediksjonene med. Observert påslag i Hardanger var i 2020 høyere enn predikert, men dette er ikke et systematisk avvik som sees over mange år og avviket var innenfor usikkerhetsintervallet for prediksjonene. I 2021 ble burdata fra Hardanger og Boknafjorden

brukt til å evaluere modellprediksjonene. Det var vesentlig mindre lus enn predikert på smolten i vaktburforsøkene i Boknafjorden og til dels i den første perioden med vaktburforsøk i Hardangerfjorden. Lusetallene i den andre perioden med vaktburforsøk i Hardangerfjorden var imidlertid omtrent som predikert. Det er usikkert hva som er årsaken til disse avvikene for 2021.

Usikkerheter knyttet til andre deler av hendelseskjeden i risikomodellen, slik som vandringsprogresjon fra elveutløp til hav, tidsperiode for utvandring og sannsynligheter for luseindusert dødelighet er belyst i sensitivitetsanalyser (Kristoffersen mfl. 2018). Det er også usikkerhet knyttet til hvor representativ smitte modellen, som er utledet fra burfisk, er for smittepåslag på utvandrende smolt av villaks. Foreløpige analyser tyder på at kalibrering av påslagsmodellen med tråldata gir vesentlig høyere dødelighetsestimater enn kalibrering med burdata. En faktor som kan bidra til å forklare en slik mulig forskjell er at smolt i stasjonære vaktbur blir eksponert for færre lus enn aktivt svømmende smolt. Valg av kalibreringsdata kan dermed bidra til forskjeller mellom modellestimater for lakselusindusert dødelighet, siden Havforskningsinstituttets virtuelle smoltmodell bruker tråldata til kalibrering mens Veterinærinstituttets og SINTEFs virtuelle smoltmodeller bruker burdata. Det er også knyttet en viss usikkerhet til valg av utvandningsrute (se under 4.10).

#### **4.8. Usikkerhet i SINTEFs modellvurdering**

SINMOD er et veletablert modellsystem for biologiske og hydrodynamiske prosesser. Se [www.sintef.no/SINMOD](http://www.sintef.no/SINMOD) for mer informasjon. Modellsystemet er anvendt for en rekke problemstillinger i fjord og kyststrøk (Broch mfl. 2017; Fossberg mfl. 2018; Jansen mfl. 2018). Populasjonsmodellen for lus følger rammeverket som er utviklet for andre biologiske arter (Alver mfl. 2016). Det er en rekke parametere som inngår i modellen, og det er usikkerheter knyttet til for eksempel utvikling og adferd av luselarvene. Det er imidlertid kildeledd og dødelighet av larver og kopepoditter i sjø som anses som de største usikkerhetsfaktorene. Observasjoner av pelagiske stadier av lus er svært utfordrende, og det finnes ikke data som kan brukes til å vurdere modellerte konsentrasjonsfelt. Modellen er derfor vurdert opp mot burdata fra 2018 og 2019. Det første steget i denne vurderingen er å estimere sannsynlighet for påslag av lus på smolt (Se appendiks VII). Sammenligningen mellom modell og burdata er videre brukt for å si noe om usikkerheten til resultatene i hvert PO. Sannsynlighet for påslag er videre brukt for å regne påslag av lus på utvandrende virtuelle smolt. Smoltutvandringen modelleres i SINMOD ved å la fisken svømme med strømmen i tillegg til en jevn drift i retning mot korteste avstand til grunnlinjen. Det gir dynamiske utvandningsmønstre. Utvandningsforløpene er ikke vurdert mot et større datasett. Oppholdstid og utvandringstid har mye å si for smitte, og det er derfor usikkerhet knyttet til resultatene fra smoltmodellen.

Usikkerhetsvurderingen i tabell 2 for SINTEF virtuell smolt er den samme som for HIs virtuelle smolt. Sensitivitet beregnes ved å variere utvandringstidspunktet ( $\pm 10$  dager) og endre dødelighetsgrensene (Kristoffersen mfl. 2018).

#### **4.9. Villfisk og rømt oppdrettsfisk som bidragsyttere**

I områder med få oppdrettsanlegg og mye villfisk kan lakselus på vill laksefisk bidra til det lokale smittepresset. For å eksemplifisere dette kan det sies at i 2016 var innsiget i henhold til Anon (2017b) 470 000 laks og antallet sjøørret og sjørøye er tidligere grovt estimert til rundt 1

million (Heuch & Mo 2001). Dette er allikevel ubetydelige antall sammenlignet med et årlig estimert antall i overkant av 400 millioner oppdrettsfisk i merdene langs norskekysten (Svåsand mfl. 2016). Dette er beskrevet i mer detalj i en nylig publisert artikkel av Dempster mfl. (2021).

#### 4.10. 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 natten (Plantalech Manel-la mfl. 2009). Slike forhold må derfor tas hensyn til når man vurderer sannsynligheten for lakseluspåslag gjennom postsmoltens utvandningsrute. Svømmeatferden har betydning for hvor representative lusepåslag i vaktbur og modeller kalibrert med burdata er for vill utvandrende laksesmolt. Svømmeatferden kan også påvirke treffsikkerheten til virtuell-smoltmodeller kalibrert med tråldata.

*Utvandningsruter:* Vandringsrutene til vill postsmolt er bare kartlagt for et fåtalls elver i Norge. Vi vet i tillegg lite om hvordan postsmolten sprer seg når den forlater fjorden og grunnlinja (Mork mfl. 2012). Vandringshastighet i kombinasjon med vandringsavstand og utvandringstidspunkt kan brukes til å definere eksponeringstid for lakselus. Et viktig moment er derfor oppholdstiden til postsmolten i relevante fjord- og kyststrøk. Det er stor variasjon mellom individene med hensyn til vandringshastighet, men hastigheten ligger hovedsakelig i området mellom 0,8-1,5 kroppslengder per sekund (Thorstad mfl. 2012; Urke mfl. 2013a, b; Vollset mfl. 2016). Dette utgjør om lag 10 km/dag. Dette kan eksemplifiseres med at vandringstid for merket villsmolt er om lag 10-14 dager fra den vandrer ut fra Lærdalselva til ytre deler av Sognefjorden (Urke mfl. 2015). Variasjon mellom fjordsystemer på grunn av topografiske forskjeller vil også påvirke vandringshastighet og progresjon. Usikkerhet om utvandningsruter og utvandringshastighet kan påvirke treffsikkerheten til smoltmodellene, særlig de som er kalibrert med burdata. Virtuell-smoltmodeller kalibrert med tråldata forventes ikke å påvirkes i noen systematisk retning av usikkerhet i utvandningsruter og utvandringshastighet fram til trållokaliteten.

*Tidspunkt for utvandring:* Alle utvandningsforløp ble standardisert med utgangspunkt i tidspunkt for 25 % utvandring som predikert fra den nye smoltmodellen. Start av utvandring er satt til 10 dager før og slutt av utvandring 30 dager etter 25 % utvandring slik at den totale utvandningsperioden ble satt til å vare i 40 dager som i tidligere år. En 40 dagers utvandningsperiode er sannsynligvis et overestimat i en god del tilfeller, spesielt i mindre vassdrag med lite variasjon i fysiske forhold. I slike tilfeller vil dødelighet av lus bli overvurdert når mengden lus øker utover i sesongen. Størrelsen på en eventuell feilestimering vil avhenge av hvor godt samsvar det er mellom virkelig og antatt tidspunkt for utvandring. På den andre siden kan også den totale utvandningsperioden i vassdrag være lengre enn 40 dager. I slike bestander vil dødelighet av lus kunne undervurderes i tilfeller hvor mengde lus øker utover i sesongen. Hvor stor andel av bestanden som vandrer sent vil dermed være viktig for størrelsen på feilen i slike tilfeller.

En endring i årets vurdering fra tidligere år er at de virtuelle smoltmodellene som brukes i ekspertgruppen har implementert et estimert utvandringstidspunkt basert på en modell beskrevet i Vollset mfl. (2021). Denne modellen er et produkt av sammenfatning av alle tilgjengelige utvandningsdata fra Norge, sammenholdt med modellert lufttemperatur i

månedene før utvandring og tidspunkt for første økning i vårvannføring. I tidligere vurderinger er der brukt en ekspertvurdering av utvandringstidspunkt basert på data fra nærliggende elver. I 2020 ble ikke modellen direkte implementert i modelleringen, men en versjon av den nye utvandringmodellen ble brukt til å vurdere om resultatene i stor grad endrer seg. Konklusjonen fra 2020-rapporten er at det kun fører til små endringer. Denne konklusjonen har ikke endret seg i år etter implementering av den nye modellen i de virtuelle smoltmodellene.

En kort oppsummering av tidspunkt for smoltutvandring i 2020 basert på tilgjengelige data fra et fåtall elver og resultater fra tråling etter postsmolt er gitt i Appendiks Ib for rapporten for 2020. I sum kan det virke som en uvanlig kald mai måned og sen snøsmeltning har påvirket utvandringstidspunktet i noen vassdrag langs kysten i 2020. Dette virker til å ha ført til at enkelte elver har hatt stort avvik fra tidligere år (senere utvandring), men at det er stor variasjon i hva slags utslag dette har hatt på enkelte elver. Samtidig peker denne usikkerheten mot at det er sannsynlig at en andel av laksesmolten har vandret senere ut enn i normalår. Gitt et økt smittepress utover sesongen (slik vi ser i de fleste POer) vil dette føre til at enkelt elver kan ha blitt mer påvirket av lakselus enn antatt.

En oppsummering av tidspunkt for smoltutvandring i 2021 basert på tilgjengelige data fra 16 elver er gitt i Appendiks Ib for denne rapporten. Det foreligger data på smoltutvandring fra bare én elv fra hvert av områdene PO5 og PO6, og ingen data fra områdene PO7-PO13. En sammenlikning av observert tidspunkt for 25 % utvandring i disse elvene med forventet tidspunkt fra den nye smoltmodellen viser at observert tidspunkt både er tidligere og senere enn forventet tidspunkt. Generelt treffer modellen innenfor det man skal forvente i forhold til normal mellomårsvariasjon, det vil si om lag  $\pm 10$  dager. Vi har derfor ikke lagt spesielt vekt på avvik mellom observert og predikert tidspunkt for smoltutvandring i enkeltvassdrag i vår videre vurdering av lusepåvirkning i 2021.

Et par nye publikasjoner angående utvandringstidspunkt for laksesmolt er relevant å diskutere litt nærmere. Bjerck et al. (2021) har publisert data fra akustisk merket laksesmolt fra flere vassdrag på Vestlandet. Dataene fra utvandringstidspunkt er inkludert i Vollset et al. (2021) og er således hensyntatt, men en av de viktigste poengene til Bjerck et al. (2021) er at utvandringforløpet ikke er jevnt, men kommer i veldig klart distinkte toppe, hvor en stor del av fisken vandrer i løpet av noen relativt få dager. I de fleste tilfeller ser man også at dette skjer i to distinkte toppe, eller det de beskriver som en bimodal fordeling. Dette kan føre til usikkerhet i beskrivelsen av dødelighet ettersom tilfeldigheter i tidsmessig variasjon i smittepress vil kunne treffe disse toppene eller ikke og betyr i praksis at estimatene har større usikkerhet. En annen publikasjon fra elven Dale (Hulbak et al. 2021) viser at en av de viktigste faktorene til forskjell i utvandringstidspunkt fra de forskjellige metodene som brukes (altså merket fiske eller feller) kan være at større fisk vandrer ut tidligere enn mindre fisk. Dette sammenfaller med resultatet fra Vollset et al. (2021) som viser at det generelt er slik at studier som bruker merkeforsøk har et tidligere utvandringstidspunkt enn felle eller video metoder.

#### 4.11. Usikkerheter knyttet til 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. Ruse har den fordel at fisken fanges levende, og at den ikke setter seg fast i garnmasker noe som kan føre til tap av lus. Tap av lus er generelt mindre, og sammenligninger indikerer at antall lus på rusefanget sjøørret er høyere enn på garnfanget (Grøn 2016). Vi har valgt å utelukkende benytte tellinger av fisk i felt da sammenligninger indikerer et betydelig tap av lus, spesielt de minste stadiene, på fisk som er frosset og tas inn til lab for telling av lus. Undersøkelser indikerer at en andel av de minste stadiene av lus på sjøørret og sjørøye er skottelus. Disse kan vanskelig skilles fra lakselus, og selv om en vanligvis får økte tettheter med skottelus på oppdrettsfisk først utover høsten, kan det medføre at spesielt i nordlige fylkene overestimeres antall lakselus. Foreløpige data kan indikere at innslaget av skottelus i de fastsittende stadiene utgjør opptil 12 % i de nordlige fylkene (Elvik mfl. 2016).

Både garn og ruser er passive redskaper hvor fangsten påvirkes av svømmeaktiviteten til fisken. Lus kan påvirke svømmeaktiviteten til infisert fisk, og infisert fisk holder seg også mer i brakkvann. Lusebefengt ørret har en preferanse for lavere saltholdigheter, og tenderer derfor til enten å returnere til elv, eller forbli i brakkvannsområdet i estuariet. Siden det ikke fiskes i disse områdene, kan lusebefengt fisk bli underrepresentert i fangstene. I tillegg kan svært lusesmittet fisk dø, som igjen da kan medføre at fangsten underrepresenterer smittepresset. Til sist, lusebefengt fisk som oppsøker ferskvann for å kvitte seg med lus kan vandre ut igjen i fjorden etterpå hvor de kan vil bli fanget, og derfor maskere det reelle smittepresset fisken har opplevd. Derfor anser vi at luseinfestasjonene målt på fangstet fisk i ruse og garn vil være minimumsverdier.

Laks og sjøørret viser liten forskjell i mottakelighet for lus (Dawson mfl. 1997; Bui mfl. 2018). At det er mer lus på sjøørret enn laks skyldes derfor trolig at ørret normalt oppholder seg nærmer land enn laksen, og at en antar at det er mer lus langs land enn midtfjords, eller det kan skyldes at sjøørreten har utvandret tidligere fra elven og derfor opplevd en lengre periode med smittepress.

I tidligere risikovurderinger av oppdrett (Svåsand mfl. 2016), har lakselus på sjøørret mindre enn 150 gram fanget rett etter forventet median smoltutvandring blitt brukt som en indikator på potensielle effekter på utvandrende laksesmolt. Dette er problematisk siden disse to artene har forskjellig atferd. I et nylig arbeid ble lakselusmitte på sjøørret 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 (Vollset mfl. 2017), altså om det er en korrelasjon mellom lus på sjøørret 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 sjøørret. Vi vurderer derfor at lakselus på sjøørret ikke kan brukes til å direkte estimere lakselusindusert dødelighet på laksesmolt, men i tilfeller der det observeres store mengder lus på sjøørret er dette en klar indikasjon på at også utvandrende laksesmolt er mer utsatt for lusesmitte i et gitt område.

For å vurdere usikkerheten (Tabell 1) har vi vurdert i hvilken grad rusestasjonene er representative i tid i forhold til antatt smoltutvandring og rom i forhold til områdets struktur og modellert smittepress, samt antall fisk fanget på hver stasjon. I tillegg er statistisk usikkerhet i beregningene av dødelighet hensyntatt ved å vurdere konfidensintervaller og i hvilken grad estimatene ligger nær en annen kategorisering.



#### 4.12. Usikkerhet knyttet til bruken av vaktbur

Vaktburene 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 utvandrende postsmolt laks oftest svømmer på 1-3 m dybde fanger burene opp smitte på denne dybden. Hvis området er sterkt påvirket av ferskvann, noe lakselus vil unngå, kan dette reflekteres i lusepåslagene i vaktburene.

Påslag vil variere med transport av vann gjennom buret da fisken her er låst i tid og rom. 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, med 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 være lokale strømmer, begroing av bur som reduserer gjennomstrømmingen, ulik atferd til fisken i burene, tilfeldigheter eller annet. Burene dekker normalt ikke de midtre delene av fjorden da dette er praktisk vanskelig. Burene representerer derfor smittepresset relativt nært land, men ikke nødvendigvis i hele fjordens bredde. På den annen side står fisken i ro og all kontakt mellom fisk og lus er basert på vannstrømmene. I naturen vil fisk bevege seg og kontakten mellom fisk og lus er trolig høyere. I så fall underestimeres påslagene, tilsvarende om lus skrapes av på notveggen i burene, samt at fisken må håndteres, og det tapes sannsynligvis lus både i opptak av fisk fra burene og i bedøvelsen.

Resultatene fra vaktbur brukes både for å vurdere utstrekningen av områder med høyt og lavt smittepress i tid og rom, og for å kalibrere ulike smoltmodeller, hvor en sammenligner påslag av lus på fisken i burene med modellprediksjoner.

I vurderingen er grensene for lavt og høyt smittepress satt til hhv. 2 og 6 lus/fisk/14 dager. Tolkningen opp mot effekt på laks må derfor hensynta hvor smittepresset er, hvor stort dette er, og holde dette opp mot antatte vandringsruter for laks. En antar her at om smittepresset er høyt og/eller at en stor del av vandringsruten har forhøyet smittepress medfører dette større sannsynlighet for dødelighet på utvandrende postsmolt laks. Høyt smittepress i ett begrenset område vektlegges derfor i liten grad. Usikkerheten i vurderingen vurderes ut fra geografisk dekning, hvor dekkende tidsperioden er for antatt utvandringstid for området, samt hvor konsistente estimatene er innenfor ett område (Tabell 1).

#### 4.13. Usikkerhet knyttet til tråling

Det brukes en trål spesialutviklet slik at postsmolt av laks føres inn i et akvarium slik at en reduserer avskrapning av skjell og lakselus. I hvilken grad det allikevel skrapes av lus vil trolig avhenge av forholdene under tråling, og hvor lenge fisken står i trålen. Det viser seg at det er små forskjeller i antall lus på fisk sortert inn i akvariet eller ikke. Vi har derfor valgt å benytte all fisk fanget, med unntak av at fisk som har stort skjelltap samt fisk som er død i trålen er ekskludert fra analysene. En må forvente at tellingene representerer en underestimering, både fordi det trolig tapes noe lus i fangst og håndtering av fisken før telling, samt at det er vanskelig å telle de minste stadiene som oftest dominerer på trålfanget postsmolt av laks. 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. Trålfangstene tas primært i de ytre delene av fjordene, men fisken

fanges uansett alltid før den har fullført vandringen i fjordene og langs kysten. Derfor vil antall lakselus på fisken være underestimerer på den totale lusemengden smolten får på seg i løpet av vandringen fra elvemunning til åpent hav. Det er derfor vurdert hvor fisken er fanget, og der dette er gjort relativt langt inne i fjordene festes mindre tiltro til estimatene.

Postsmoltens vandring gjennom fjordene i forhold til dag/natt, saltholdighet og vannstrømmer er begrenset beskrevet (Drenner mfl. 2012), og resultatene er ikke konsistente. Data indikerer at smolt bruker hele fjorden i utvandringen, inkludert bruk av bukter langs land og på øyer. I hvilken grad trålingen fanger opp et representativt utvalg av fisken har vært diskutert. Det har vært diskutert at laksesmolt smittet med lus kan ha en avvikende atferd ved at de svekkes, bryter stimstrukturen og dermed fanges lettere i trålen enn fisk som ikke er lusebefengt. Trållunnvikelse baserer seg da på evne til å oppfatte og svømme bort fra trållåpningen. Effekten av lus på laksens kritiske svømmehastighet (et mål på maksimal svømmehastighet og utholdenhet) har vist at lusebefengt 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 infestasjon (Bui mfl. 2016). Om de relativt små forskjellene har noen praktisk betydning for trållunnvikelse 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 laks lusebefengt inne i fjordene kan ha en høyere risiko for predasjon, og derfor bli underrepresentert i trållfangstene.

Nylig har Havforskningsinstituttet utviklet en metode for å bestemme opphavselv til den trållfangete fisken (Harvey mfl. 2019). Dette gir oss anledning til å vurdere effekten av elveposisjon. Metoden er ikke i stand til å bestemme all fisken, men vi antar at utvalget som kan bestemmes er representativt for elvene. I dette arbeidet ble det også funnet at antall fisk fanget med trål fra de ulike elvene i Hardangerfjorden samsvarte med teoretisk smoltproduksjon i disse elvene (Harvey mfl. 2019). Usikkerheten i metoden (Tabell 1) er vurdert ut ifra dataenes representativitet, dvs. hvor fangsten tas, hvor mange fisk som fanges, og i hvilken grad trålperioden ser ut til å fange opp utvandringsperioden. Dette holdes i tillegg opp mot data på hvilken elv fisken kommer fra.

## 5. Vurdering av status i produksjonsområdene

Ekspertgruppen har som tidligere år vurdert kategorisering av nivået for lakselusindusert villfiskdødelighet hos utvandrende post-smolt av laks i de 13 produksjonsområdene (POene) i følgende kategorier:

Lav: < 10 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Moderat: 10-30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

Høy: >30 % lakselusindusert villfiskdødelighet

### 5.1. Fremgangsmåte i vurdering av produksjonsområdene

Ekspertgruppen har gått igjennom alle metodene beskrevet i kapittel 4 og som har vært tilgjengelig for hvert PO, og gjort en samlet vurdering. Generelt er det enighet i ekspertgruppen om at tråldata, rusefangst sjørørret og vaktbur har lavest usikkerhet (gitt en representativ dekning i tid og rom), og at modellprodukter generelt har høyere usikkerhet.

#### *Usikkerhetsvurderinger av metode*

For å vurdere status i de enkelte POene, og hensynta usikkerheten til de ulike metodene, har ekspertgruppen utviklet et system der man går gjennom standardiserte spørsmål for hver metode (Appendiks VII), og basert på svarene på disse spørsmålene konkluderer med hvilken kategori metoden støtter at POet er i (lav, moderat eller høy lakselusindusert dødelighet). Skjemaene er brukt retningsgivende i løpet av vurderingene av POene. Tilsvarende metode er benyttet for å vurdere hvor usikker vi er på at kategoriseringen er korrekt (liten, middels eller stor usikkerhet).

De forskjellige metodene har i utgangspunktet noe forskjellig måter å definere usikkerhet, og det har vært opp til hver metodeeier, det vil si den institusjonen som har levert resultater fra metoden inn til ekspertgruppen, å definere hvordan man kategoriserer usikkerheten. Det foregår en prosess innad i ekspertgruppen for å komme til et omforent begrepsbruk rundt usikkerhet mellom metoder. Per nå er ikke usikkerhetsbegrepet brukt likt for alle metodene. Dette er delvis på grunn av at metodene er så ulike at det er komplisert å definere likt begrepsbruk, men også delvis fordi det er faglige uenigheter om hvordan man skal beregne usikkerhet. Usikkerhetsvurderingene for de ulike metodene kan derfor ikke sammenliknes direkte med hverandre. Imidlertid utfyller de ulike usikkerhetsvurderingene hverandre ved at de fanger opp ulike deler av usikkerheten til den endelige vurderingen. Til forskjell fra tidligere år har de to virtuelle smolt modellene fra HI og SINTEF kommet til en omforent definisjon av usikkerhet basert på om modellens estimat for dødelighet endrer kategorisering hvis man endrer på de to viktigste parameterne i modellen, utvandringstidspunkt og terskelverdier for dødelighet.

For å gjøre usikkerhetsdefinisjonene for hver metode mer oversiktlig har ekspertgruppen laget en tabell hvor hver metode beskriver kort hvordan hver usikkerhetskategorisering skal defineres for hver metode (Tabell 1). Dette har vi gjort for at lesere raskt skal kunne få en oversikt over hva de forskjellige begrepene som gjelder usikkerhet i kapittel 5 betyr.

**Tabell 1.** Metodevis definisjon av usikkerhetsbegrep

Metode	Usikkerhets definisjon		
	Liten	Middels	Stor
Trål	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God geografisk dekning</li> <li>• Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden</li> <li>• Adekvat antall fisk i hver prøvetakning</li> <li>• Genetisk tilhørighetsanalyse endrer ikke på konklusjonen</li> <li>• Størst fangst ikke i slutten eller starten av trålperioden</li> <li>• Dødelighetsestimatene har liten usikkerhet, og ligger ikke i grensen mellom kategori (lav, moderat, høy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>
Sjøørret ruse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God geografisk dekning ift smittepress</li> <li>• Adekvat antall fisk fanget</li> <li>• Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden</li> <li>• Dødelighetsestimatene har liten usikkerhet, og ligger ikke i grensen mellom kategori (lav, moderat, høy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>
Bur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• God geografisk dekning</li> <li>• Tidsperiode dekkende for utvandningsperioden</li> <li>• Dødelighetsestimatene er konsistente innenfor en større del av området (lav, moderat, høy)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mangel i noen av kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Store avvik fra kriteriene fra LITEN usikkerhet</li> </ul>
HI virtuell smolt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dersom alle 4 verdiene, <math>\pm 10</math> dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i samme kategori som for normal utvandring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dersom 1 av verdiene, <math>\pm 10</math> dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i en annen kategori enn for normal utvandring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dersom 2 eller flere av verdiene, <math>\pm 10</math> dager rundt normal utvandringstid og høye/lave tålegrenser for lakselus, er i en annen kategori enn for normal utvandring.</li> </ul>
HI smittepress	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liten variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden.</li> <li>• Små endringer i smittepresset vil ikke medføre endret kategori.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Middels variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden, altså at smittepresset ligger relativt nær en annen kategori.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stor variasjon i smittepresset i løpet av utvandningsperioden, altså at smittepresset varierer mellom flere kategorier (fra lavt til høyt), eller at smittepresset ligger helt på grensen mellom to kategorier.</li> </ul>
VI virtuell smolt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forventet verdi for villfiskindusert dødelighet og estimat for verste scenario er i samme kategori (lav, moderat eller høy).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimater for verste scenario er én kategori høyere enn den forventede verdien.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimater for verste scenario er to kategorier høyere enn den forventede verdien.</li> </ul>
SINTEF virtuell smolt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme definisjon som HI virtuell smolt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme definisjon som HI virtuell smolt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Samme definisjon som HI virtuell smolt</li> </ul>

### Usikkerhetsvurdering av PO

For usikkerhetsvurderinger av konklusjonen for hele POet har ekspertgruppen kommet til en omforent definisjon. Dette ble spesifikt etterspurt av NFD i 2019 og ble oppsummert i ett vedleggsnotat til ekspertgruppens rapport dette året. Etter intern diskusjon har vi endret noe i ordlyden på dette som vi beskriver i detalj nedenfor. I praksis er vurderingene gjort likt, men beskrivelsen av usikkerhetsbegrepet forenklet noe.

Usikkerhetsvurderingene for hvert PO er gjort basert på en samlet vurdering av (1) hvor ulike konklusjonen er mellom de forskjellige metodene; (2) hvor stor usikkerhet det er i konklusjonen gjort for hver metode; (3) hvor mye data vi har fra hvert PO og (4) hvor nært en annen kategori hovedkonklusjonen ligger. Samlet har vi fra dette vurdert en usikkerhet for hver konklusjon i hvert PO til enten å være liten, middels eller stor. Vi har fått forespørsel spesifikt å beskrive hvordan disse usikkerhetsvurderingene forholder seg til begrepet «sannsynlighetsovervekt».

#### Sannsynlighetsovervekt

Per definisjon er gruppen samstemt om at det er sannsynlighetsovervekt for hovedkonklusjonen gjort for hvert PO. Med sannsynlighetsovervekt definerer vi at det er størst sannsynlighet (>50%) for at den faktiske dødeligheten ligger i denne kategorien.

Sannsynlighet kan beskrives som en prosentverdi fra 0 til 100 %. Det er derimot viktig å påpeke at rapporten ikke har kvantitativt regnet seg fram til et slikt tall, men har gjort en samlet vurdering av kvantitativ og kvalitativ informasjon. Vurderingene av POet vil være en kombinasjon av data, modeller og annen kunnskap, slik at det ikke vil være mulig å regne seg ut til et omforent kvantitativt mål på usikkerhet og dermed sannsynlighet. Samtidig er det viktig å ha et omforent standpunkt om hva usikkerhetsvurderingene betyr i forhold til sannsynlighet for kategorisering.

#### Ekspertgruppens kvantitative definisjoner av usikkerhetsbegrepene

Vi definerer usikkerhet etter følgende skala:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| Stor usikkerhet    | = det er mer enn 50 % men mindre enn 65 % sannsynlig at kategorien er riktig definert. |
| Middels usikkerhet | = det er mellom 65 og 80 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.                |
| Liten usikkerhet   | = det er mer enn 80 % sannsynlig at kategorien er riktig definert.                     |

I potensielle tilfeller der ingen kategori har mer enn 50 % sannsynlighet vil dødelighetsnivået ikke bli gitt. Et slikt tilfelle vil kun oppstå hvis ekspertgruppen mener det er for lite kunnskap til å definere hvilken kategorisering er mest sannsynlig. Dette har foreløpig ikke inntruffet. Vi vil påpeke at usikkerheten til en satt dødelighet for et produksjonsområde er en ekspertvurdering, og ikke er et kvantitativt resultat fra et regnestykke.

Med denne måten å definere usikkerhet på er det per definisjon slik at usikkerhetsvurderingen vil alltid peke nedover hvis man har definert lakselusindusert villfiskdødelighet i et PO som høy, og oppover hvis man har definert lakselusindusert villfiskdødelighet i et PO som lav. Det er derimot viktig å påpeke i hvilken retning usikkerheten peker i de tilfeller der kategoriseringen er moderat. Dette er tatt stilling til og definert som piler i tabell 2 og 3.

## 5.2. Vurderinger for 2020 og 2021

I den følgende teksten følger vurderingene som er gjort for 2020 og 2021. Resultatene er oppsummert i tabell 2 og 3. Vurderingene for 2020 er oppdatert etter møte i september i ekspertgruppen. Dette innebar å gå gjennom de produksjonsområdene hvor noen av metodevurderingene hadde endret seg etter nye modellkjøringer. Endringene som har skjedd i resultatene fra 2020 er at kategorisering for HI smitte er redusert fra høy til moderat påvirkning i produksjonsområde 2, usikkerheten til HI smitte er endret fra stor til middels i produksjonsområde 10. I tillegg er usikkerheten til HI virtuell smolt endret fra middels til stor (PO2), fra stor til middels (PO5, PO7) og fra middels til liten (PO6). Usikkerheten til VI virtuell smolt er endret fra stor til middels i produksjonsområder 7 og 8. Ingen hovedkonklusjoner er endret.

**Tabell 2.** Resultater fra modeller og observasjoner i de ulike produksjonsområdene og ekspertgruppens overordnede konklusjon fra 2020. Metodene er beskrevet i detalj i kapittel 4. Kategorien er indikert med usikkerhet i superscript. ↑↓ Piler indikerer om usikkerheten for konklusjonen «moderat» peker mot kategorien over eller under.

### Vurderingen 2020 (konklusjon<sup>usikkerhet</sup>)

2020	Trål	Ruse/garn	Bur	HI smittepress	HI virtuell smolt	VI virtuell smolt	SINTEF virtuell smolt	Hovedk.
1		Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>
2	Høy <sup>mid</sup>	Høy <sup>mid</sup>		Mod <sup>mid</sup>	Høy <sup>↑stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>lit</sup>	Høy <sup>mid</sup>
3	Høy <sup>lit</sup>	Mod <sup>↑stor</sup>	Høy <sup>mid</sup>	Mod <sup>↑stor</sup>	Høy <sup>lit</sup>	Mod <sup>↑mid</sup>	Mod <sup>↑stor</sup>	Høy <sup>mid</sup>
4	Mod <sup>↑mid</sup>	Høy <sup>lit</sup>		Mod <sup>↑mid</sup>	Mod <sup>↑mid</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>↑mid</sup>
5	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>↓mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Mod <sup>↓mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>
6	Lav <sup>stor</sup>	Mod <sup>↑stor</sup>		Lav <sup>mid</sup>	Mod <sup>liten</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>	Lav <sup>stor</sup>
7		Høy <sup>stor</sup>		Mod <sup>↓stor</sup>	Mod <sup>↓mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Mod <sup>↓stor</sup>	Mod <sup>↓stor</sup>
8		Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>mid</sup>
9		Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>
10		Lav <sup>stor</sup>		Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>stor</sup>
11		Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>
12	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>mid</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>
13		Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>	Lav <sup>lit</sup>		Lav <sup>lit</sup>

**Tabell 3.** Resultater fra modeller og observasjoner i de ulike produksjonsområdene og ekspertgruppens overordnede konklusjon fra 2021. Metodene er beskrevet i detalj i kapittel 4. Kategorien er indikert med usikkerhet i superscript. ↑↓ Piler indikerer om usikkerheten for konklusjonen «moderat» peker mot kategorien over, under eller begge.

Vurderingen 2021 (konklusjon<sup>usikkerhet</sup>)

2021	Trål	Ruse/garn	Bur	HI smittepress	HI virtuell smolt	VI virtuell smolt	SINTEF virtuell smolt	Hovedk.
1		Lav <sup>Lit</sup>		Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Lit</sup>		Lav <sup>Lit</sup>
2	Lav <sup>Mid</sup>	Mod <sup>↑Stor</sup>	Lav <sup>Lit</sup>	Mod <sup>↑Mid</sup>	Mod <sup>↑Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Stor</sup>
3	Høy <sup>Liten</sup>	Høy <sup>Mid</sup>	Mod <sup>↓Mid</sup>	Høy <sup>Mid</sup>	Høy <sup>Liten</sup>	Mod <sup>↑Mid</sup>	Mod <sup>↑Stor</sup>	Høy <sup>Mid</sup>
4	Høy <sup>Mid</sup>	Høy <sup>Mid</sup>		Mod <sup>Liten</sup>	Høy <sup>stor</sup>	Lav <sup>Stor</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Høy <sup>stor</sup>
5	Mod <sup>↓Stor</sup>	Høy <sup>stor</sup>		Lav <sup>Mid</sup>	Mod <sup>Liten</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Lit</sup>	Mod <sup>↓Mid</sup>
6	Lav <sup>Mid</sup>	Mod <sup>↑Stor</sup>		Lav <sup>Mid</sup>	Mod <sup>Liten</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>
7		Høy <sup>stor</sup>		Mod <sup>↓Stor</sup>	Mod <sup>↓Stor</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Mod <sup>↓Stor</sup>
8		Lav <sup>Stor</sup>		Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Stor</sup>	Lav <sup>Stor</sup>		Lav <sup>Mid</sup>
9		Høy <sup>stor</sup>		Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Stor</sup>	Lav <sup>Mid</sup>		Lav <sup>Mid</sup>
10		Lav <sup>Mid</sup>		Mod <sup>↓Stor</sup>	Mod <sup>↓Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>		Lav <sup>Stor</sup>
11		Mod <sup>↓Stor</sup>		Lav <sup>Lit</sup>	Mod <sup>↓Stor</sup>	Lav <sup>Mid</sup>		Lav <sup>Mid</sup>
12		Lav <sup>Stor</sup>		Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Mid</sup>	Lav <sup>Mid</sup>		Lav <sup>Mid</sup>
13		Lav <sup>Lit</sup>		Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Lit</sup>	Lav <sup>Lit</sup>		Lav <sup>Lit</sup>

### 5.3.Produksjonsområde 1: Svenskegrensa til Jæren

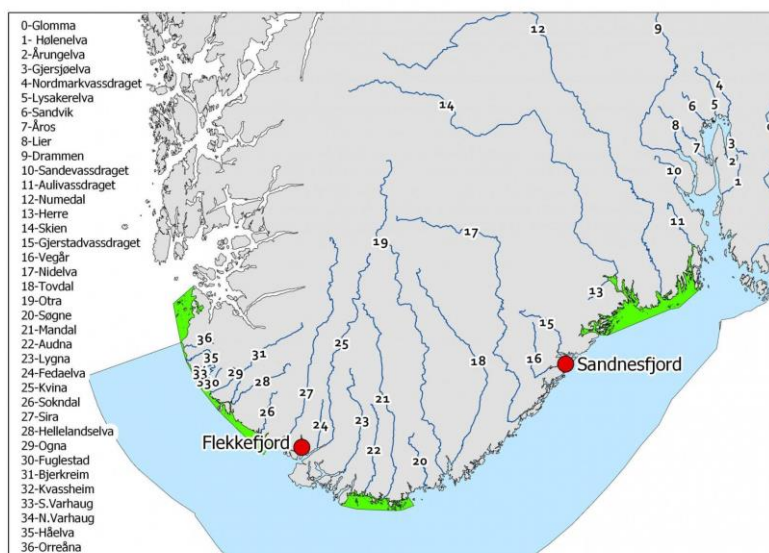
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

Det ble fanget sjørørret i ruse ved to stasjoner i PO1. Det var noe forhøyet smittepress fra lakselus observert på sjørørret i Flekkefjord, noe som også er påpekt tidligere år. Dette er det eneste området hvor det er oppdrettsaktivitet av betydning. Utvandringsrutene fra denne fjorden er korte og dødelighetsestimaterne fra elver i og rundt Flekkefjord var lave. Flekkefjordsområdet anses heller ikke som representativt for hele POet ettersom smittepresskartet indikerer en liten arealmessig utbredelse av smitte. Alle smoltmodellene indikerer svært lav dødelighet for produksjonsområdet som helhet. Det er også i år fanget smolt i PO2 som har sitt opphav i PO1 (én smolt), og dette er en kilde til usikkerhet om hvordan laksesmolt fra dette området påvirkes av lakselus fra andre produksjonsområder. Vi anser det imidlertid som lite sannsynlig at dette vil føre til en annen kategorisering for området.

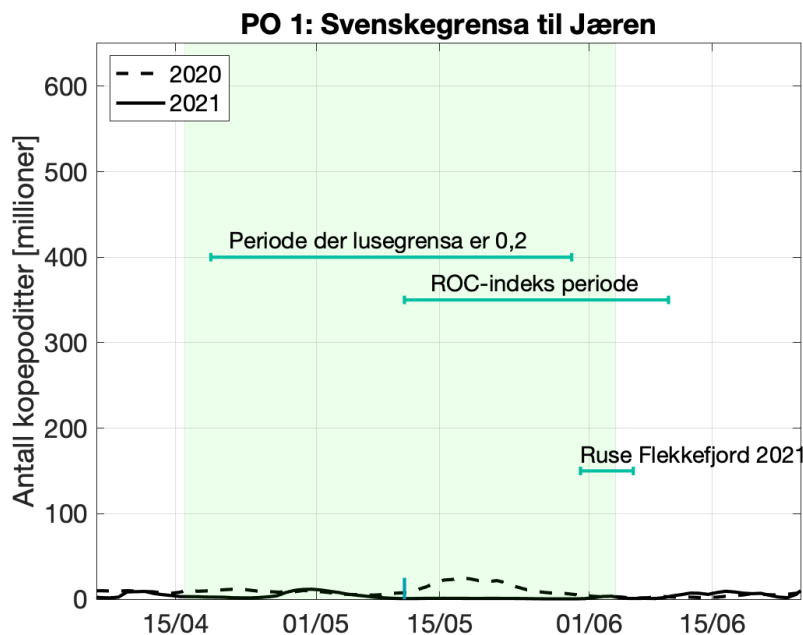
**Tabell 4.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	9	38	2 182 000 (21,7 %)
2017	6		
2018	6		
2019	6		
2020	6		
2021	4		

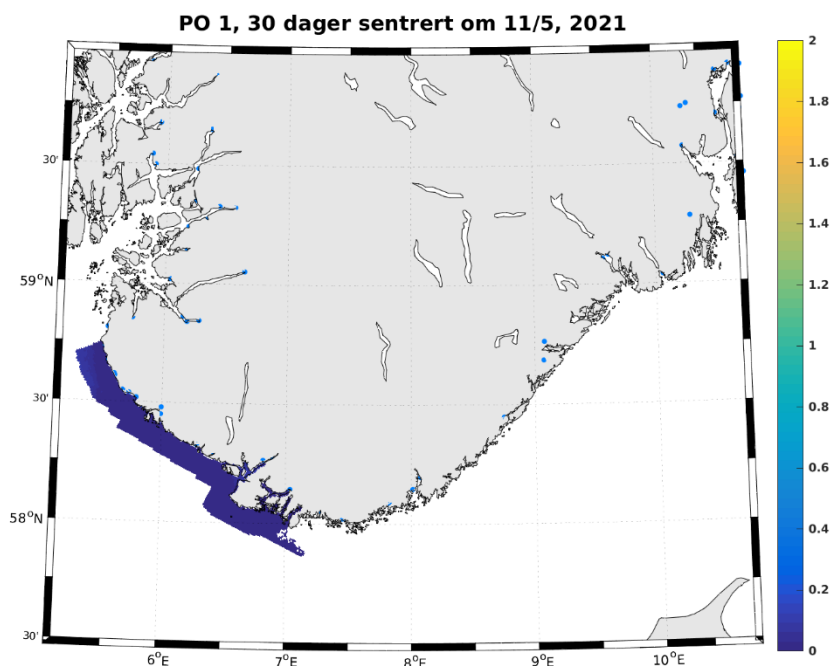


**Figur 4.** Oversikt over elvene (tall) samt ruse/garn stasjonene (røde sirkler) i produksjonsområde 1. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).





**Figur 5.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 1 i smoltutvandringstiden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringstiden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørøret ruse.



**Figur 6.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 1 i smoltutvandringstiden. Områder uten farge har ingen forekomst av kopepoditter.

Viktige elver: Øst for Lindesnes dominerer Numedalslågen med 21 % og Mandalselva med 10 % av den teoretiske smoltproduksjonen til hele POet. Vest for Lindesnes dominerer Bjerkreimsvassdraget med 13 %. I tillegg har Oгна og Håelva relativt store laksebestander. Lengden på fjordvandringene til smolten fra bestandene i dette POet er korte.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 11. mai (uke 19).

## Resultater 2021

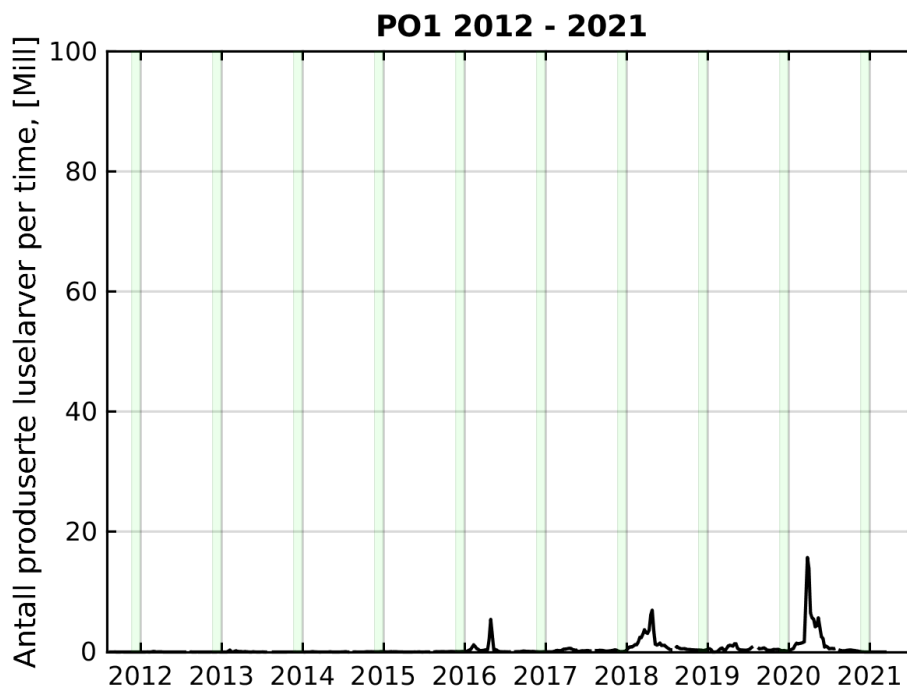
Sjøørret ruser: Som tidligere år ble stasjonene i Sandnesfjord og Flekkefjord undersøkt med ruse. Sandnesfjord anses som et kontrollområde uten oppdrett. I Sandnesfjord viste undersøkelsen i ukene 22 lite lus på fiskene, og det estimeres ingen dødelighet. Dette er tilsvarende som tidligere år i samme periode. I Flekkefjord i uke 23 hadde en større andel av fiskene lus, og som i 2018-2020 hadde disse også flere lus enn i Sandnesfjord, men antallet var lavt. Området som helhet anses derfor å ha lav lakselusindusert dødelighet i 2021. Stasjonene ble overvåket fra ca. 3 uker etter estimert median utvandring, og gitt de økende utslippene av lakselus utover våren, representerer dataene trolig smittepresset i siste halvdel av utvandringen. Smolten har kort vandringsvei gjennom fjordene i dette området, og derfor kort oppholdstid i områder med forhøyet lusepress. Dette, sammen med de relativt lave utslippene som også er konsentrert i det overvåkede området gjør at vi anser at kategoriseringen har liten usikkerhet. En laks fra Oгна ble fanget med trål i Boknafjorden.

Smittepress HI: Smittepresset var lavt i hele produksjonsområdet gjennom hele utvandringsperioden. Modellert område med forhøyet påvirkning utgjør < 1 % av det kystnære arealet. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 1 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 100 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk er stabilt lav over tid. Den kategoriserte dødeligheten for hele området blir kategorisert som lav også for tidlig og sen utvandrende fisk og for fisk med høyere og lavere toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO1 er derfor vurdert som liten.

VI virtuell smolt: Både vektet og uvektet gjennomsnitt av estimert dødelighet var svært lavt (under 0,1 %) og estimatene basert på det verste scenarioet i modellen var også svært lave (under 1 %). Modellen er ikke kalibrert mot burdata for området, men det er liten grunn til å tro at dette kan påvirke konklusjonen. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Konklusjonen anses som å ha liten usikkerhet ettersom det verste scenarioet ikke gikk inn i moderat kategori.

## Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 7.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 1), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver har vært generelt lav i perioden 2012 til 2021, men viser en økende trend i etterkant av smoltutvandringen i partallsår 2016-2020.

## 5.4. Produksjonsområde 2: Ryfylke

**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

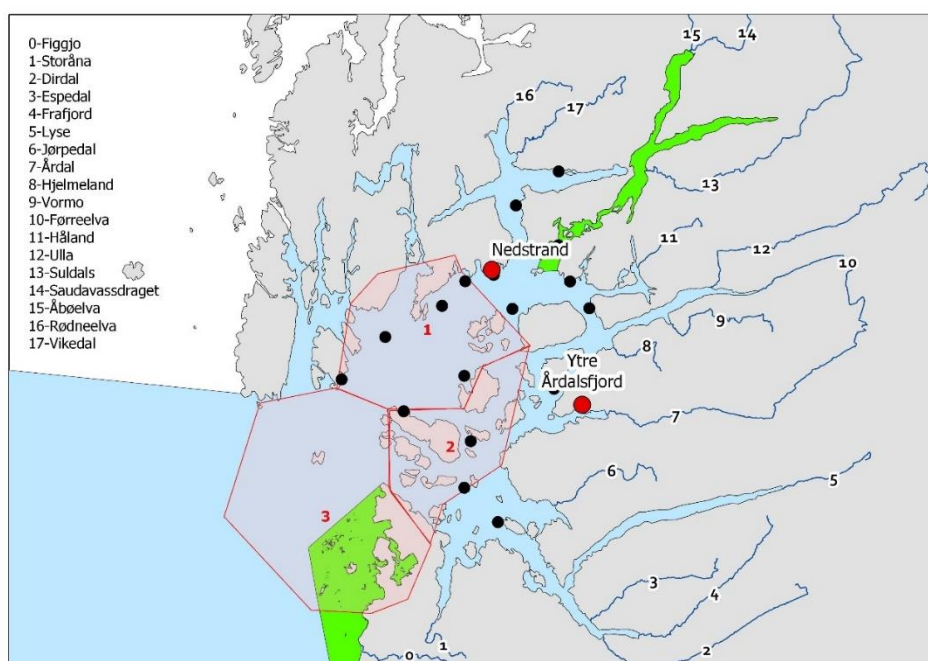
**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes til å ha stor usikkerhet.

Observasjoner fra tråldata indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet og har god fangst. Samtidig viser smittekartet at det er forhøyet smittepress i nord, og genetisk tilhørighetsanalyse indikerer at det er noe høyere påslag av lakselus på laksesmolt som kommer fra nordlige og østlige elver. I snitt er det lave nivåer av lus på laksesmolt fra dette produksjonsområdet, men på grensen til moderate nivåer hvis man kun ser på individer som kommer fra østlige og nordlige bestander. Det er lave påslag av lus på laks i bur fra hele området. Dette stemmer derimot ikke overens med smittepresskartet som viser forhøyet smittepress i *nordlige* deler av området. Samtidig er påslagene på sjørret stedvis svært høye, og indikerer at det har vært høyt smittepress i området på et tidspunkt. På linje med høyt smittepresskart indikerer HI virtuell smolt høy dødelighet i bestander i nord. SINTEFs virtuelle smoltmodell viser også fra høy til moderat påvirkning på enkelte elver i nord-østlige deler, men uvektet gjennomsnitt gir lav kategorisering for de virtuelle smoltmodellene til SINTEF og VI. Konklusjonen til ekspertgruppen legger stor vekt på tråldata med støtte fra burdata som indikerer at laksesmolten i all hovedsak har unngått det høye smittepresset og havner derfor på

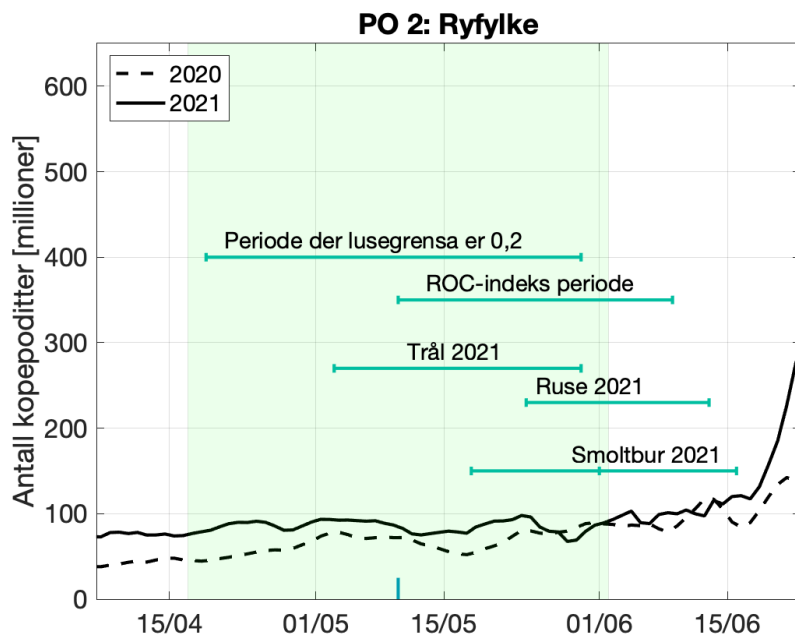
lav lakselusindusert villfiskdødelighet, men det påpekes at det er stor usikkerhet til denne konklusjonen på grunn av heterogenitet i smittepresskartet og avvik mellom observasjoner og modeller.

**Tabell 5.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

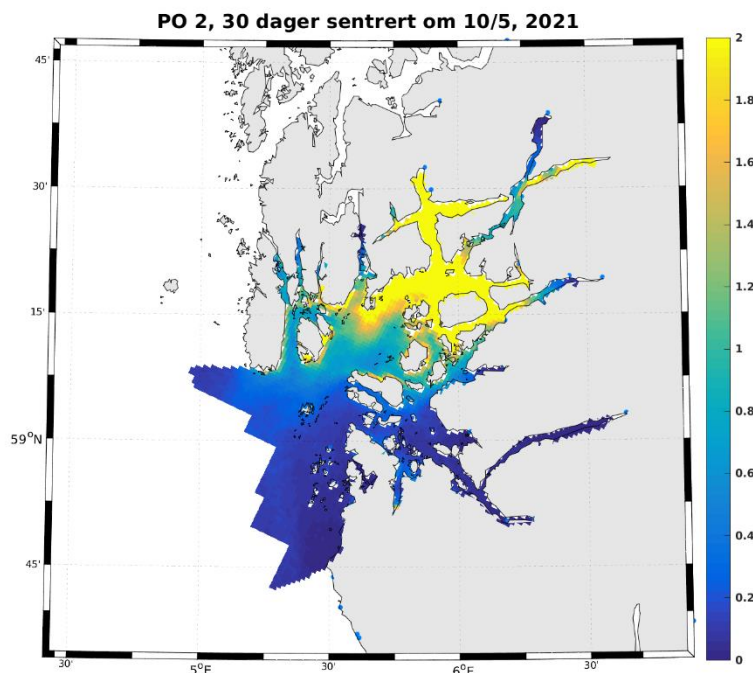
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	36	18	438 000 (4,4 %)
2017	38		
2018	33		
2019	38		
2020	35		
2021	36		



**Figur 8.** Produksjonsområde 2. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler, samt området det er trålt i (røde polygoner) i produksjonsområde 2. De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 9.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringstidspunktet. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjøørret ruse).



**Figur 10.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 2 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Figgjo har om lag 33 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. Dette vassdraget ligger på Jærkysten og er lite representativt for de øvrige laksebestandene i POet. Det er flere

elver med relativt tallrike bestander sørøst i Ryfylke, inkludert Dirdal, Espedal og Frafjord. Videre nordøstover har Årdal, Vorma, Ulla og Suldalslågen betydelig smoltproduksjon og fangst av laks, sistnevnte har den lengste vandringsdistansen til kysten.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 10. mai (uke 19).

## Resultater 2021

Tråldata indikerer lav lakselusindusert dødelighet i 2021. Det er trålt i Boknafjorden ukene 18-21, 3.-30. mai. Det estimeres lav, men på grensen til moderat dødelighet for elevene som renner ut på øst- og nordsiden, og lav for elvene på sørsiden. Antall fisk fanget fra elvene på øst og nordsiden var betydelig lavere enn antall fisk fra de sørlige elvene. Den lavere dødeligheten siste uken kan forklares ved at fisken i siste uken nesten utelukkende var tatt på sørsiden, området med minst lusepress. Usikkerheten vurderes som middels basert på at fangstene har vært gode, spesielt ukene 19-20, hvilket indikerer at trålperioden har vært dekkende for utvandringen, selv om det trolig har utvandret noe fisk både før og etter, men samtidig er estimert dødelighet basert på trålfangstene fra elvene på øst og nordsiden nær moderat.

Sjøørret ruser: Det er i 2021 undersøkt stasjonene Ytre Årdalsfjord og Nedstrand uke 21 og 23. Estimert dødelighet i 2021 var moderat begge de undersøkte ukene i Ytre Årdalsfjord, og hhv. høy og moderat for de to undersøkte ukene i Nedstrand. Data støtter derfor en kategorisering i moderat lakselusindusert dødelighet. Ruseundersøkelsene er foretatt ca. 2 uker etter median utvandring, og er i tid derfor relativt dekkende for smoltutvandringen. Stasjonene anses derfor som dekkende for smittepresset i Boknafjorden. Smittekartene indikerer at området med høyt lakseluspress omfatter relativt store deler av de østlige og nordlige områdene. Usikkerheten anses som stor da det er lavere smittepress på sørsiden, samt at smittepresset avtok også på nordsiden i en periode som vil dekke sent utvandrende laks.

Vaktbur: Burdata indikerer lav lakselusindusert dødelighet i 2021. Det er gjennomført to serier med vaktbur i Boknafjorden i 2021. Burene har stått ute i 2 runder hver på 14 dager, hvor første serie startet midten av mai, noe i etterkant av estimert median utvandring for området. Det var lave antall lus på alle burene i begge periodene, men høyest smitte observeres på nordsiden. Mønsteret er derfor som forventet ut ifra smittkartene, men det er lavere smitte på burfisk enn hva en skulle forvente ut ifra smittkartene. Usikkerheten vurderes som liten da burene dekker hele fjordsystemet, og første serie dekker fra median estimert utvandring da en skulle forvente økt smittepress i forhold til tidligere, samt at det er gjennomgående svært lave verdier på vaktburene i begge de undersøkte periodene.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er høyt og moderat i en relativt stor del av området, og laksesmolten som vandrer ut fra elevene vil trolig bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er 27 %. Indeksen endrer seg lite rundt tidspunktet for 50 % utvandring, og holder seg i kategorien moderat. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, men denne konklusjonen har middels usikkerhet fordi verdien ligger relativt nærme verdien for høy påvirkning.

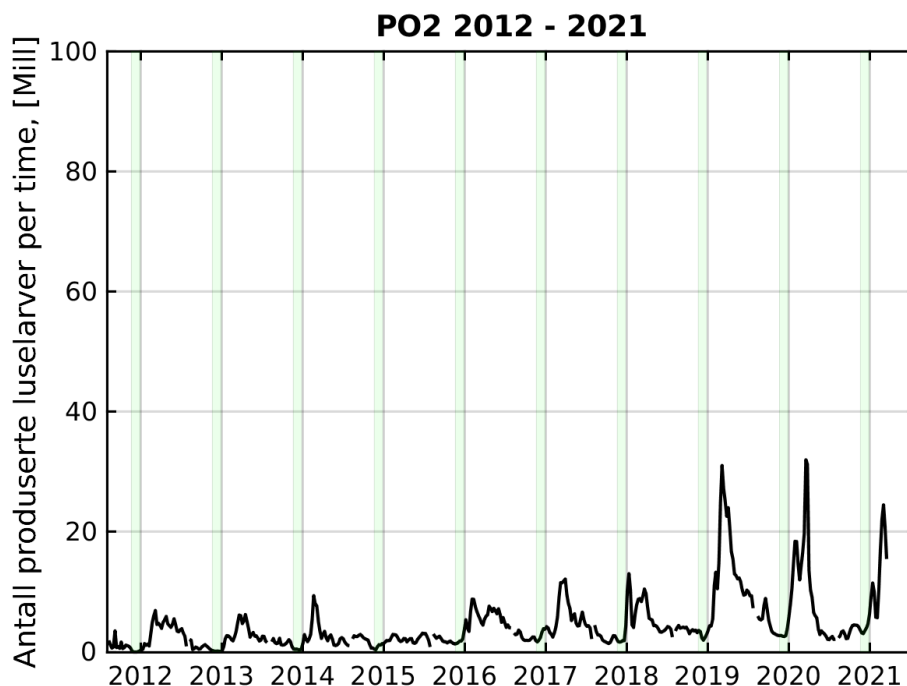
HI Virtuell smolt: Produksjonsområde 2 er vurdert til å ha høy dødelighet i 2020 og moderat dødelighet som følge av lakselus i 2021. Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet

mellom elvene i 2020 og stor variabilitet mellom elvene i 2021, da respektivt 67 % og 5 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser relativt stabilt modellert lusepress i utvandingsperioden til vill fisk siden 2016, men med noe mellomårlig variasjon. Den estimerte dødeligheten blir i 2020 vurdert som moderat for tidlig vandrende fisk og for fisk med høy toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen blir derfor vurdert som høy i 2020. I 2021 blir den estimerte dødeligheten kategorisert som høy for fisk med lav toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO2 er derfor vurdert som middels i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 7 og 5 %, mens for det verste scenarioet var gjennomsnittlig dødelighet henholdsvis 40 og 28 %. Modellen er kalibrert mot bur fra POet fra tidligere år. Lusetall i burforsøk i Boknafjorden i 2021 var lavere enn beregnet. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Siden den vektete snittdødeligheten i verste scenario var mellom 10 og 30 % vurderes usikkerheten som middels.

SINTEF virtuell smolt: Resultatene gir en uvektet gjennomsnitt på 5 % som gir en lav påvirkning av luseindusert dødelighet. Resultatene viser lav påvirkning av luseindusert dødelighet for en stor del av elvene i PO2. Høy påvirkning er modellert for Vikedal, mens Håland og Rødneelva er estimert til å ha moderat påvirkning. Det er et stort sprik mellom Vikedal og Rødneelva som bør påpekes. Disse kommer ut i tilnærmet samme område og har samme tidsrom for utvandring. Modellestimatene gir lav påvirkning. Sammenligning med observasjoner fra bur tyder på en overestimering av smittepress i de innerste fjordområdene i PO2. Variasjon i tålegrenser og utvandringstidspunkt gir estimat innenfor lav og moderat kategori og usikkerheten vurderes dermed til å være middels.

## Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 11.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 2), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser en generell trend i tidsperioden 2012 til 2021, med et økende smittepress i etterkant av smoltutvandringen. Det er høyere smittepress i de siste tre årene enn i tidligere år.

### 5.5. Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

**Konklusjon:** Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

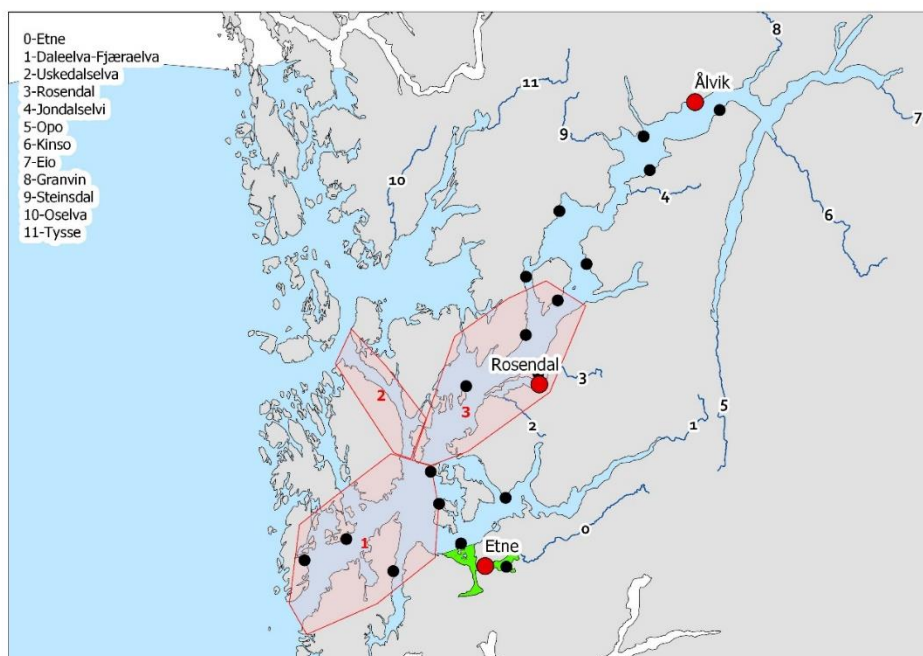
**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

Resultater fra tråldata og sjørretruser viser generelt svært høye påslag av lus og indikerer høy lakselusindusert villfiskdødelighet. Det er svært gode fangster i trål. Burdata viser moderat dødelighet med forhøyet smittepress i de indre delene av Hardangerfjorden og med lave påslag i ytre deler i første runde. Data mangler derimot fra ytre del i andre runde og fra Bjørnafjorden hvor smittepresset økte utover sesongen. HI smittekart og virtuell smolt indikerer høy dødelighet, mens VIs og SINTEFs modeller indikerer moderat dødelighet, men usikkerheten til disse modellen peker oppover. Det konkluderes at det er høy lakselusindusert villfiskdødelighet i produksjonsområdet som i stor grad støttes av observasjonsdataene, men usikkerheten settes likevel til middels fordi burdata og VIs og SINTEFs virtuelle smoltmodeller indikerer moderat dødelighet og fordi det mangler overvåkingsdata fra Bjørnafjorden.

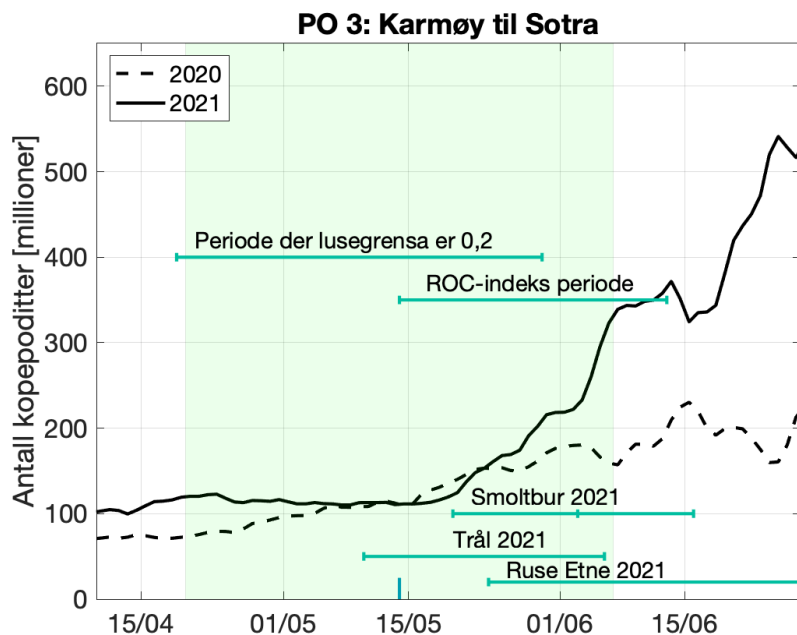


**Tabell 6.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

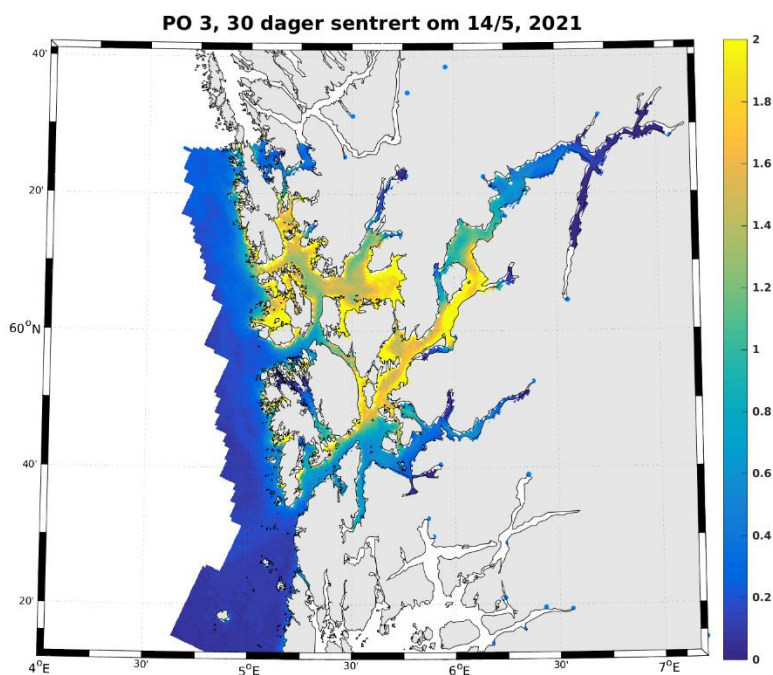
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	122	12	162 000 (1,6 %)
2017	110		
2018	115		
2019	107		
2020	112		
2021	110		



**Figur 12.** Produksjonsområde 3. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler), vaktbur (svarte sirkler) samt området det er trålt i (røde polygoner). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 13.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert Trålfangst, Sjørretet ruse og Vaktbur)



**Figur14.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 3 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Etne har minst 30 % av teoretisk smoltproduksjon i dette området, og Uskedalselva har også en betydelig produksjon. Laksesmolt fra de innerste elvene i

Hardangerfjorden, Opo, Kinso, Eidfjord og Granvin, har lang vandringsvei til kysten. Oselva i Bjørnefjorden har 15 % av teoretisk smoltproduksjon. Det var god overenstemmelse mellom teoretisk smoltproduksjon i de ulike elvene og antall laksesmolt fanget under tråling i fjorden (basert på genetiske tilhørighetsanalyser).

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 14. mai (uke 19).

## Resultater 2021

Trålfangst: Det ble trålt i Hardangerfjorden fra 10. mai til 5. juni, ukene 19-22. Fangstene var gode alle 4 ukene det ble trålt, høyest antall ble fanget de to første ukene. Data viser høyt smittepress ukene 19-21, moderat uke 22. Estimert dødelighet for fisk tilordnet hjemelv var høy for alle elvene fra de indre til de ytre regionene. Tråldata fra 2021 indikerer høy lakselusindusert dødelighet for de 3 første ukene, og høy regnet som snitt av all fisken. Estimert dødelighet for elvene indikerer høy dødelighet for alle regionene. Tråldata indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten vurderes som liten. Dette da trålfangsten er gode de tre første ukene, som gjør at vi antar at trålingen er dekkende for utvandringen, selv om noe fisk kan ha vandret ut før trålingen ble igangsatt, og trålingen ikke dekker Bjørnafjorden.

Sjøørret ruser: Data fra ruse og garnfangst i 2021 indikerer høy dødelighet i Ålvik ukene 22-23, høy i Rosendal ukene 22-24, og i Etne høy uke 21, lav/moderat ukene 22-24, høy ukene 25-26. Ruse og garnfangst indikerer derfor en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Ruse og garnundersøkelsene er tatt fra uke 22, ca. 2-3 uker etter median utvandring for området. Stasjonene anses dekkende i tid og rom for å fange opp smittepresset for utvandrende postsmolt av laks. Usikkerheten anses som moderat da det er en økning i lakselusindusert dødelighet i ukene etter median utvandring, hvilket indikerer høyere smittepress på sent utvandrende fisk og fisk med lang vandringsrute, men det mangler data fra Bjørnafjorden, ett område som smittekartene indikerer kan ha høy lakselusindusert dødelighet.

Vaktbur: Vaktburene var i 2021 satt ut i Hardangerfjorden i 2 perioder, fra midten av mai til slutten av juni (20. mai - 3. juni, 3.-17. juni). Vaktbur indikerer lavt smittepress i ytre deler, moderat/høy i indre deler siste halvdel av mai, noe lavere i indre deler i begynnelsen av juni (her mangler data fra ytre deler). Burdata indikerer derfor en kategorisering av området i moderat lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten vurderes som middels da burundersøkelsene ikke dekker ukene før median tid for smoltutvandring, det mangler data fra periode 2 i runde 2, og dekker ikke Bjørnafjorden.

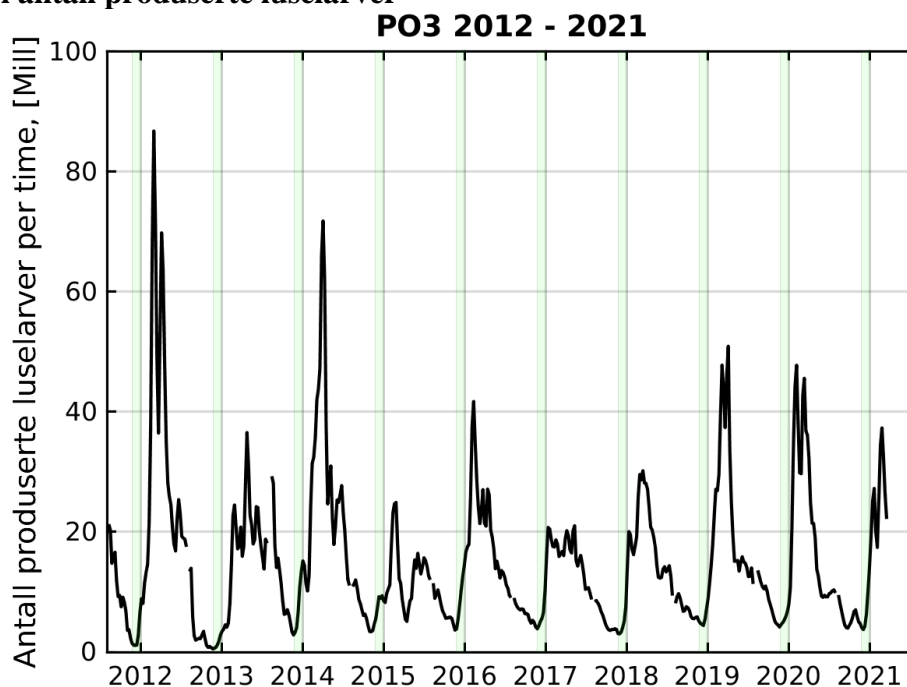
HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i deler av området, og laksesmolten som vandrer ut fra enkelte elver vil trolig bli betydelig påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (33 %). Indeksen varierer noe rundt tidspunktet for 50 % utvandring, og går fra kategorien moderat til høy. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha høy lakselusindusert villfiskdødelighet, men denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 3 er vurdert til å ha høy dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og i 2021. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 92% av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet både i 2020 og i 2021. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser svingning i det modellerte lusepresset i utvandningsperioden til vill fisk med en økning siden 2019. Den kategoriserte dødeligheten for området er høy uansett tidlig, eller sen utvandring og for fisk med lav eller høy toleranse mot lakselus både i 2020 og 2021. Usikkerheten til kategoriseringen i PO3 er derfor vurdert som liten.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 22 og 15 %, og for de verste scenarioene var gjennomsnittlig dødelighet over 50 %. Modellen er kalibrert mot burdata fra dette området fra tidligere år. Burdata fra Hardanger fra 2021 er brukt til validering. Observert påslag av lus på laksepostsmolt var noe lavere enn beregnet i første perioden med burforsøk og omtrent som beregnet i den andre perioden. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i moderat lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har middels usikkerhet fordi verste estimatet var over 30 %. Usikkerheten peker oppover fordi foreløpige analyser tyder på at kalibrering av påslagsmodellen med burdata, som nå, gir lavere dødelighetsestimater enn kalibrering med tråldata.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt av dødelighet var 25,0 % som gir en moderat påvirkning. Det estimert høy påvirkning av luseindusert dødelighet for de fire innerste elvene i Hardangerfjorden. Elvene som kommer lenger ut i fjordsystemet er estimert til å være moderat påvirket. Elvene lengst ut i Hardangerfjorden, som Etne og Oselva, er estimert til å ha lav påvirkning. Sammenligning med burdata fra 2021 viser noen uoverensstemmelser mellom modellresultat og observasjoner. Det er stor variasjon i estimatene i området. Variasjon i tålegrenser og utvandringstidspunkt gir videre estimat innenfor lav til høy kategori, og usikkerheten vurderes dermed til å være middels.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 15.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 3), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.6. Produksjonsområde 4: Nordhordland til Stadt

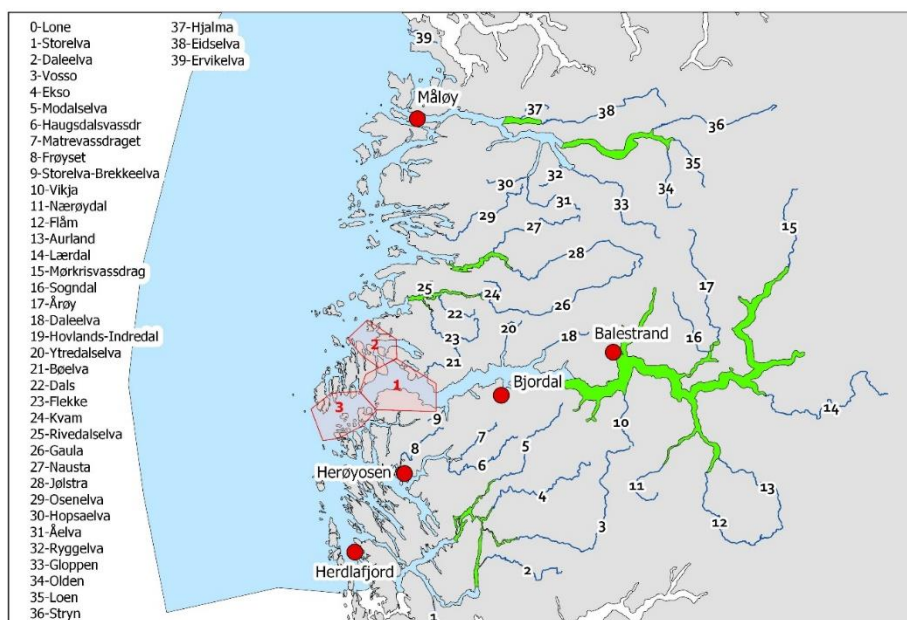
**Konklusjon:** Høy lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha stor usikkerhet.

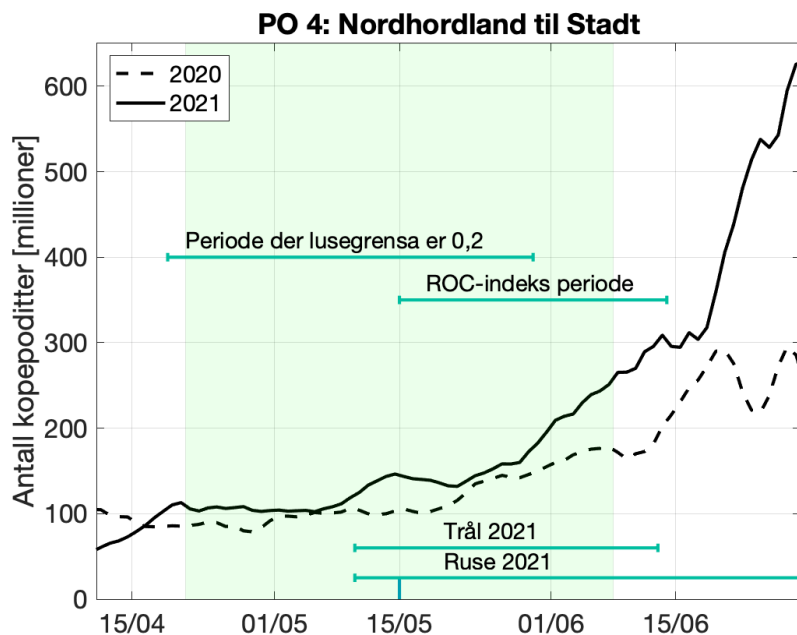
Som tidligere bidrar skjev geografisk fordeling av observasjonsdata til stor usikkerhet. Tråldata og sjørretedata indikerer høy påvirkning med middels usikkerhet, og er i tråd med HI smoltmodell. Usikkerheten til HI smoltmodell er stor ettersom kategorien endrer seg både når man endrer utvandringstidspunkt og dødelighetsgrenser. HI smittepress kategoriserer området i moderat påvirkning i gjennomsnitt, med høy påvirkning i Nordhordland og delvis i Sogn. På den andre siden viser både VIs og SINTEFs smoltmodeller lav dødelighet, men har stor usikkerhet. Som i andre POer legger vi vekt på observasjonsdata og setter derfor produksjonsområdet til høy lakselusindusert dødelighet, men påpeker at det stor usikkerhet til denne konklusjonen.

**Tabell 7.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

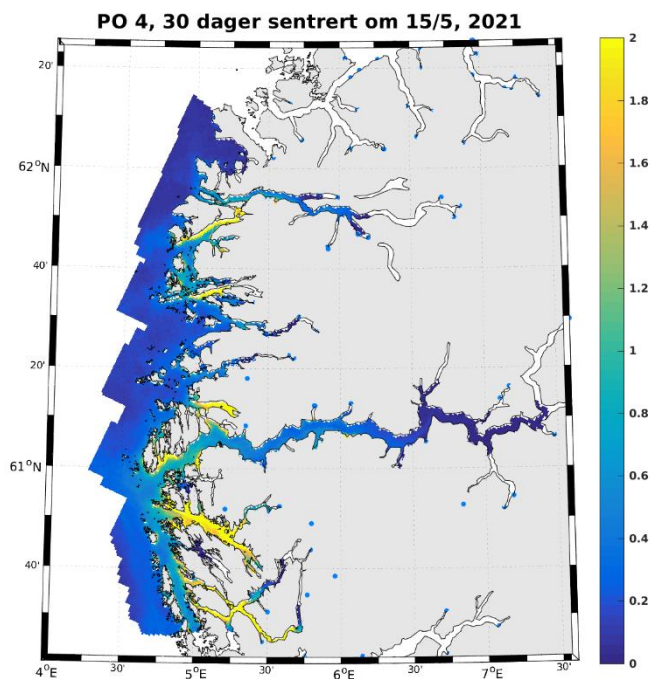
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	97	40	724 000 (7,2 %)
2017	101		
2018	95		
2019	102		
2020	105		
2021	92		



**Figur 16.** Produksjonsområde 4. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (røde polygoner). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 17.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjørørret ruse).



**Figur 3.** Kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 4 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Sør for Sognefjorden ligger Vosso i indre del av Osterfjorden, som har 10 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. Lærdalselva i indre del av Sognefjorden har 17 % av teoretisk smoltproduksjon og lang vandringsvei. Det er flere relativt tallrike bestander i Sunnfjord, bla. Gaula og Nausta med litt i underkant av 10 % av teoretisk smoltproduksjon hver, men disse har relativt kort vei til kysten. I Nordfjord er det relativt tallrike bestander i Eidselva (midt) og Aaelva (langt inne).

Beregnet tidspunkt for 50% utvandring satt til 15. mai (uke 19).

## Resultater 2021

Trålfangst: Det ble trålt i Sognefjorden ukene 19-23, fra 10. Mai til 13. Juni. Tråldata indikerer høy dødelighet på laksen de tre første ukene trålt. Data indikerer en kategorisering av området i høy lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten er vurdert som middels da fangstene var dårlige de to siste ukene, og høyest fangst andre uken trålt. Dette kan indikere at trålperioden er dekkende for utvandringen av fisk i Sognefjorden, da den burde dekke opp fisk fra de indre elvene som har vandret fra ca. 1. mai. Derimot dekker ikke trålingen de viktige elvene i Nordhordland, Sunn- eller Nordfjord. I dette området har en også fanget laks i to ruser (Nordhordland og Nordfjord), dette er omtalt under ruser.

Sjøørret ruser: To stasjoner i Nordhordland ble undersøkt i 2021, (Herdlafjorden uke 22, Herøysosen sammenhengende fra uke 23 til uke 26), to i Sognefjorden ved Balestrand og Bjordal ukene 22-24, og en i Nordfjord (Måløy) sammenhengende ukene 20-25. I Nordhordland ble det estimert høy dødelighet på begge stasjonene alle ukene undersøkt, mens på den innerste stasjonen i Sognefjorden (Balestrand) ble det estimert lav dødelighet. På den ytterste (Bjordal) ble det estimert fra moderat til høy dødelighet, og i Nordfjord økte estimatene fra moderat ukene 20 og 21 til høy ukene 22 til 25. Det konkluderes med at data fra sjøørret ruser støtter en kategorisering av området i høy lakselusindusert villfiskdødelighet, og at denne konklusjonen er middels usikker da dekningen av ruser vurderes som god med unntak av Sunnfjord, og antall fisk fanget på hver stasjon vurderes som adekvat. Laks (N=28) ble fanget i rusen ved Herdla ukene 20-23, høyest fangst var uke 22 (N=16), hvor det estimeres moderat dødelighet. I Måløy ble det fanget 27 laks i ruse ukene 19-22. Det ble estimert lav dødelighet ukene 19-20, høy uke 22, uken med høyest fangst (N=13).

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i relativt store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut fra elvene vil trolig bli betydelig påvirket av luseparver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (18 %). Indeksen varierer noe rundt tidspunktet for 50 % utvandring, men holder seg i kategorien moderat (mellom 10 og 30 %). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI Virtuell smolt: Produksjonsområde 4 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus i 2020 og høy dødelighet i 2021. Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene i 2020 og middels variabilitet i 2021, da respektivt 48% og 68% av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser annenårlig svingning i det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk. I 2020 blir den estimerte dødeligheten kategorisert som høy for fisk med lav toleranse for lakselus. I 2021 blir den estimerte dødeligheten kategorisert som

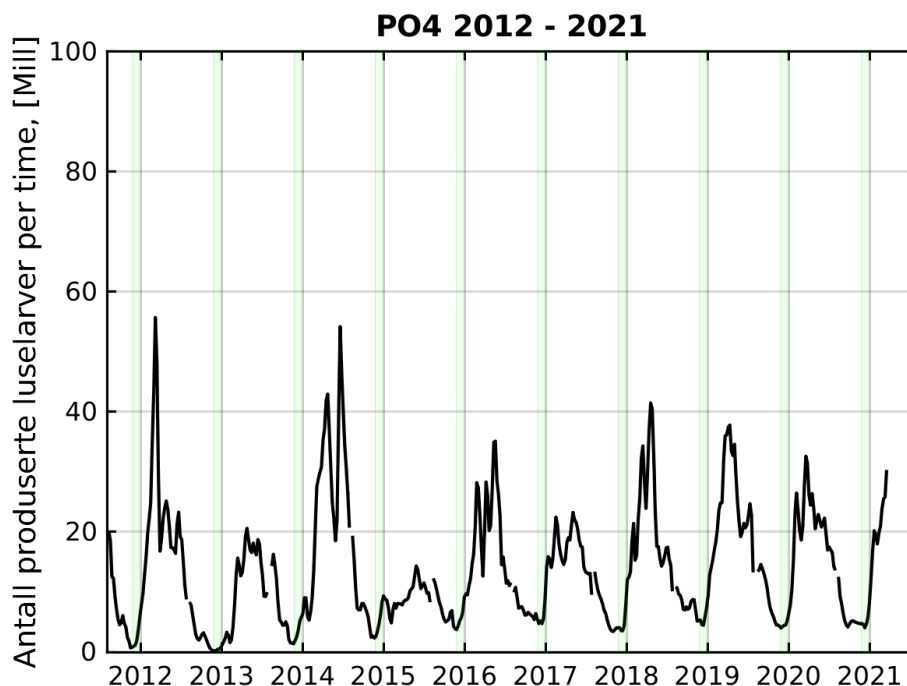


moderat for tidlig utvandrende fisk og for fisk med høy toleranse for lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO4 er derfor vurdert som moderat i 2020 og stor i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 8 og 9 %, mens dødeligheten i det verste scenarioet var over 40 %. Tidligere års data fra bur i Sognefjorden har blitt brukt til kalibrering av modellen. Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på smolt i bur tyder på at lusetettheten, og dermed dødeligheten til smolt som vandrer ut gjennom Sognefjorden, er underestimert i VIs modell. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har stor usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt: Det uvektet gjennomsnitt fra modellen var 9,9 %. SINMODs resultat gir lav påvirkning på smoltbestandene fra de et stort flertall av elvene i PO4. Unntakene er smoltbestander tilhørende de innerste elvene i Sognefjorden og Nordfjorden som er moderat påvirket og bestandene innerst i Fensfjorden/Masfjorden som er høyt påvirket. Det er en del spredning i estimat, og det mangler data for enkelte elver. Variasjon i tålegrenser og utvandringstidspunkt gir videre estimat som varierer fra lav til moderat kategori og usikkerheten vurderes dermed til å være middels.

## Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 19.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 4), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandningsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

### 5.7. Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

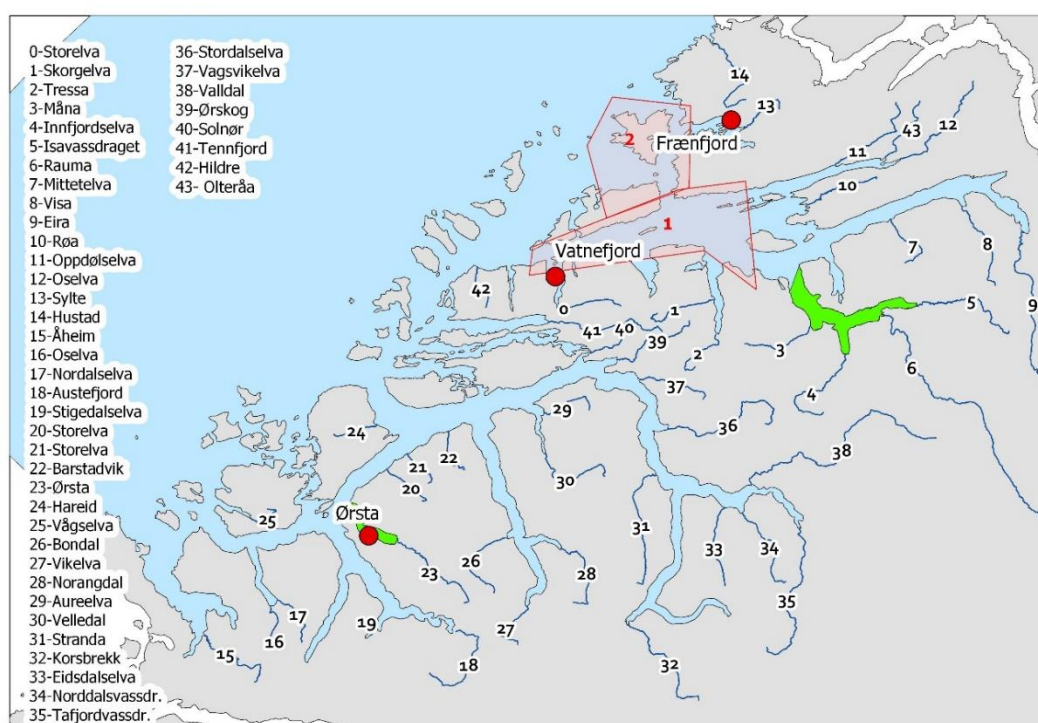
**Konklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021. Kategorien ligger nærmere lav enn høy lakselusindusert dødelighet.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

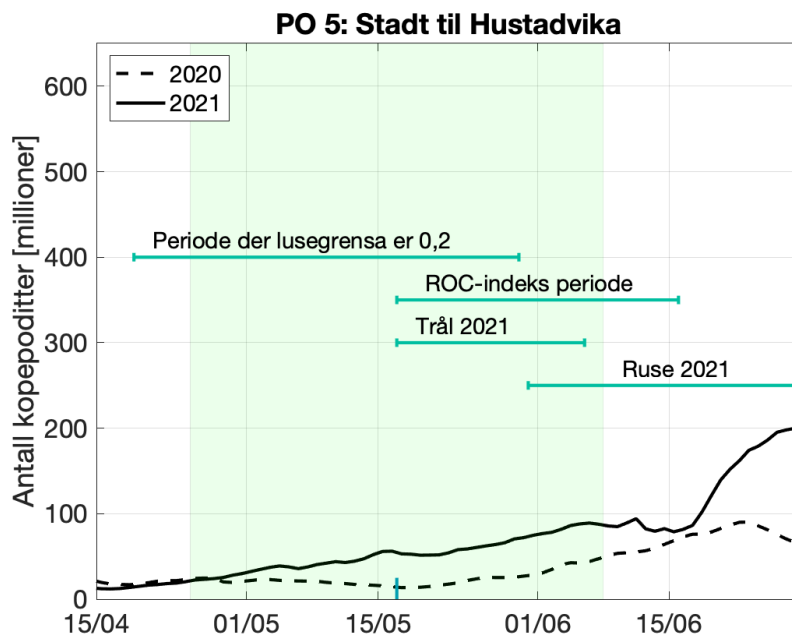
Generelt viser smittepressutbredelse og observasjonsdata høye påslag av lus i Romsdalen, og moderat på Sunnmøre. Det er imidlertid stor usikkerhet knyttet til trålfangst på grunn av dårlige fangster. Sjøørretruser viser høye påslag av lus på sjørretet i Romsdalen (Vatnefjorden og Frænfjord) og moderat på Sunnmøre (Ørsta). Dette mønsteret reflekteres i HI smittepress, men totalt kategoriserer HI smittepress hele produksjonsområdet i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. HI virtuell smolt viser moderat påvirkning med liten usikkerhet, mens VIs og SINTEFs smoltmodeller indikerer lav påvirkning med middels usikkerhet. I sum konkluderer vi med moderat påvirkning ettersom vi legger vekt på observasjonsdata, men påpeker at det er middels usikkerhet som peker nedover.

**Tabell 8.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

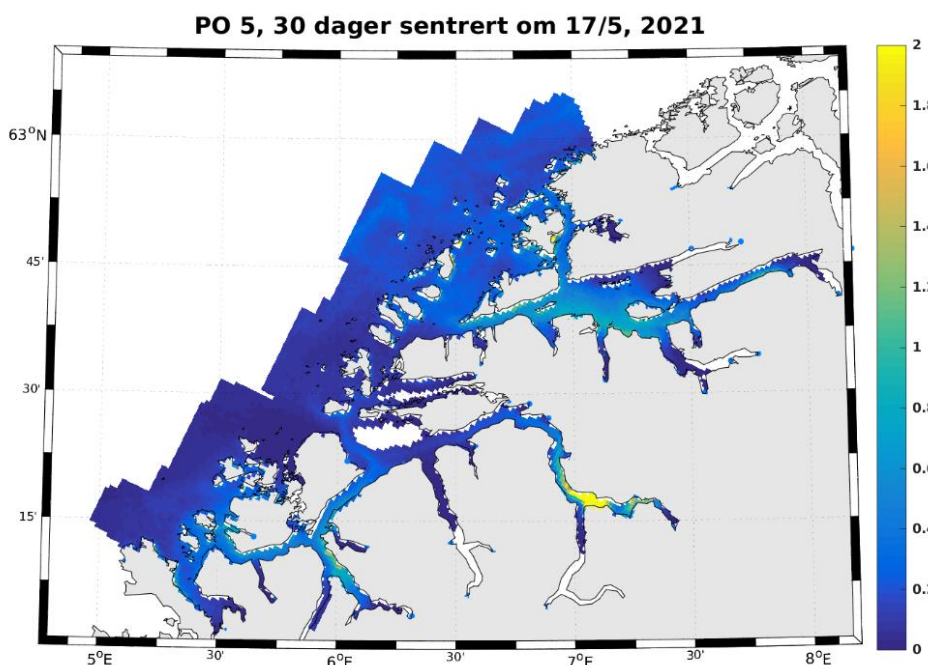
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	44	529 000 (5,3 %)
2017	33		
2018	33		
2019	37		
2020	29		
2021	36		



**Figur 4.** Produksjonsområde 5. Oversikt over elvene (tall), ruse/garnstasjonene (røde sirkler), samt området det er trålt i (røde polygoner). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 21.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 5 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjøørret ruse).



**Figur 22.** Kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 5 i smoltutvandringsperioden.

Viktige elver: Rauma, i indre del av Romsdalsfjorden, har 20 % av teoretisk smoltproduksjon i dette POet, Eira og Oselva har rundt 5 % hver. Ørsta og Valldal har henholdsvis 9 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon.

Beregnet tidspunkt for 50% utvandring 17. mai (uke 20).

## Resultater 2021

Trålfangst: Det ble trålt i Romsdalsfjorden ukene 20-23. Tråldata fra Romsdalsfjorden støtter en kategorisering i moderat lakselusindusert dødelighet. Usikkerheten vurderes som stor da antall fanget var lavt, og 75% av fisken ble fanget første fangstuke, samt at når elvene ble inndelt i regioner, er estimert dødelighet for elvene fra nordsiden moderat/høy. I tillegg tråles det ikke i Storfjorden hvor smittekartene indikerer høyere smittepress enn i Romsdalsfjorden, samt at fisken har et stykke vandring etter trålingen før den er ute ved kysten.

Sjøørret ruser: Ruse og garnfangst av sjøørret i 2021 indikerte moderat smittepress i ytre deler av Storfjorden i uke 21 og 26. I ytre del av Romsdalsfjorden ble det estimert høyt smittepress på sørsiden (Vatnefjorden) i uke 22 og 23, mens på nordsiden (Frænfjorden) ble det estimert høy lakselusindusert dødelighet uke 24 og 26. Data fra ruse og garnfangst støtter en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Siden median utvandring i dette området er estimert til uke 20, er tidsrommet for undersøkelsene i Ørsta og Vatnefjorden dekkende for utvandringen, mens Frænfjorden er undersøkt noe sent, og er dekkende bare for sent utvandrende fisk. Usikkerheten vurderes som stor, basert på begrenset antall stasjoner i Storfjorden, undersøkelsen er noe sen i Frænfjorden og vil bare dekke sent utvandrende laks.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i store deler av området, og laksesmolten som vandrer ut fra elvene vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Unntaket er postsmolt fra elvene i Storfjorden som vandrer gjennom det røde området i Figur 5. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (8%). Indeksen varierer noe rundt tidspunktet for 50% utvandring, og krysser grensen til kategorien moderat. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet.

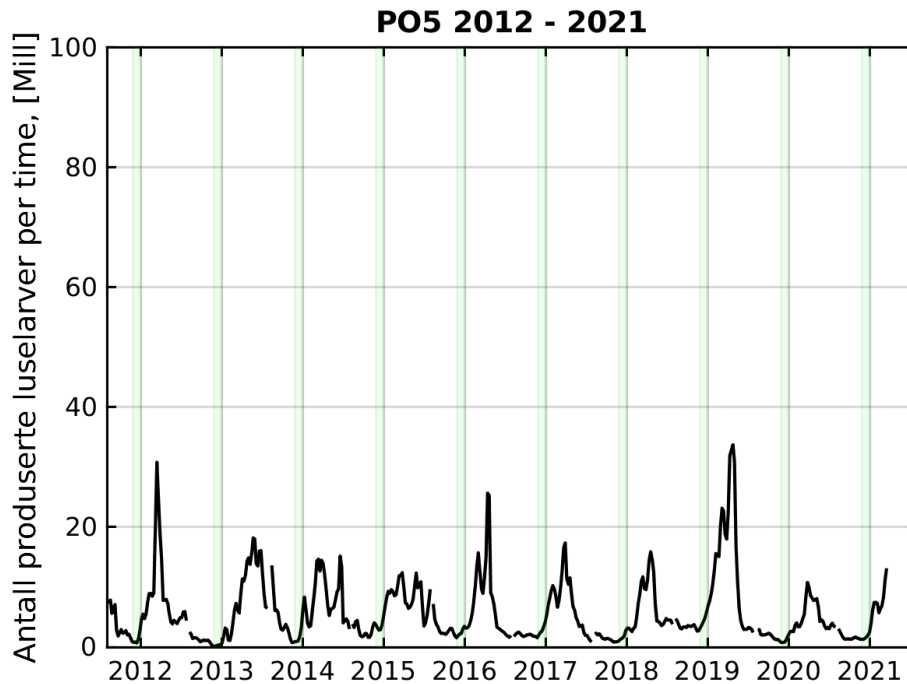
HI virtuell smolt: Produksjonsområde 5 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og i 2021. Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene både i 2020 og i 2021, da respektivt 43% og 36% av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk var lavere i 2020 og 2021 enn i fra 2014-2019. I 2020 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som lav for tidlig utvandrende fisk, samt for fisk med høy toleranse mot lakselus. I 2021 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat uansett utvandring og den antatte toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO5 er derfor vurdert som stor i 2020 og liten i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 3 og 4 %, mens gjennomsnittlig dødelighet i verste scenario var over 20 men under 30 %. Tidligere års data fra bur i Romsdalen har blitt brukt til kalibrering av modellen, og modellresultatene vurderes derfor som representative for området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av

området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har middels usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt ga 1 % lakselusindusert dødelighet som gir lav påvirkning av luseindusert dødelighet på alle smoltbestander i PO5. Det mangler estimat for noen elver. Det er ikke sammenlignet med observasjoner for området. Variasjon i tålegrenser og utvandringstidspunkt gir alle estimat innenfor lav kategori og usikkerheten vurderes dermed til å være liten.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 53.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 5), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.8. Produksjonsområde 6: Nordmøre og Sør-Trøndelag

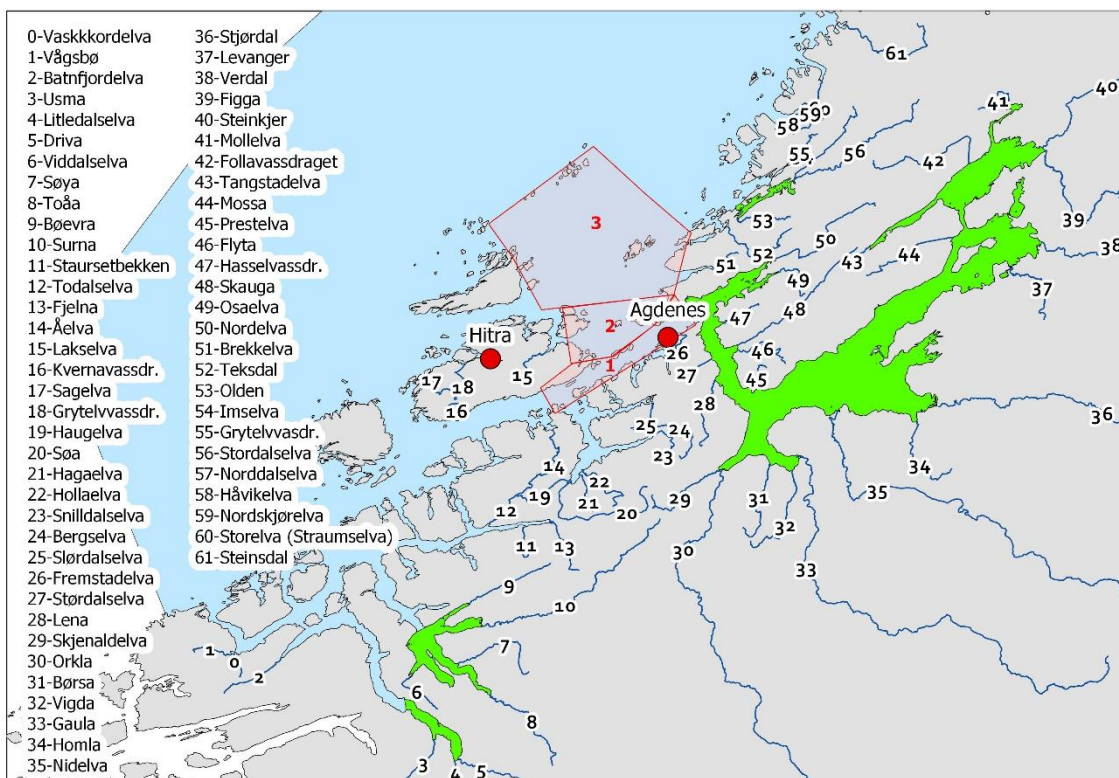
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

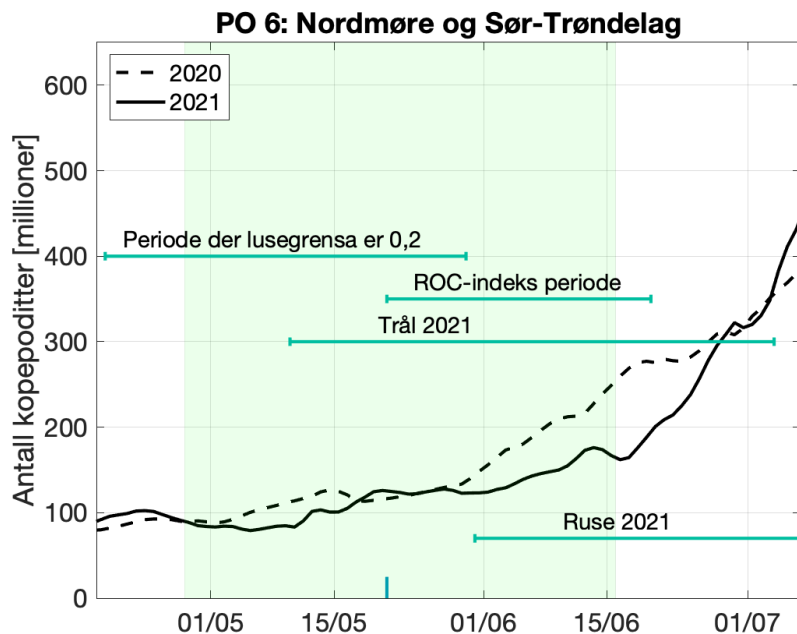
Trålfangsten i 2021 er svært god ytterst i Trondheimsfjorden og utover i Frohavet. Disse dataene viser lave påslag av lakselus og det er derfor liten usikkerhet til om laksesmolt fra Trondheimsfjorden får på seg lave nivåer av lus. Det er derimot lite data fra Nordmøre hvor smittepresset i 2021 er høyest. Sjøørretrusene viser moderat påvirkning med stor usikkerhet oppover som viser at det er lus i området. HI smittepress viser lav påvirkning med middels usikkerhet, mens HI smoltmodell kategoriserer området i moderat kategori med liten usikkerhet. VIs og SINTEFs smoltmodeller kategoriserer produksjonsområdet til lav påvirkning med middels usikkerhet. Generelt viser smoltmodellene at det er få elver som påvirkes i Trondheimsfjorden, men noen bestander påvirkes på Nordmøre. Totalt vurderes produksjonsområdet til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet med middels usikkerhet knyttet til hvor mye bestander på Nordmøre påvirkes.

**Tabell 9.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	97	62	2 389 000 (23,8 %)
2017	101		
2018	95		
2019	89		
2020	106		
2021	111		

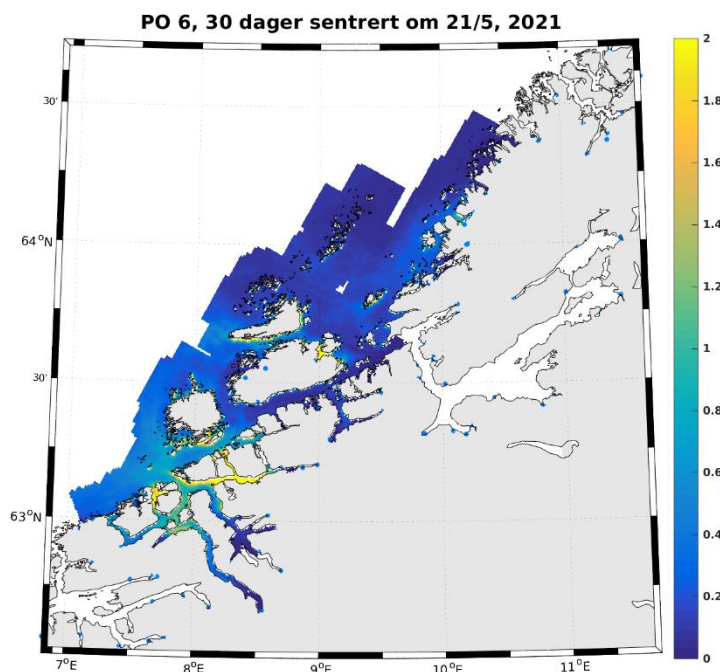


**Figur 24.** Produksjonsområde 6. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler) samt området det er trålt i (røde polygoner). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 25.** Antall copepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 6 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn (inkludert trålfangst og sjørørret ruse).





**Figur 6.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 6 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Sør for Trondheimsfjorden har Surna og Driva henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon i POet. I Trondheimsfjorden har Orkla og Gaula henholdsvis 21 og 27 % av teoretisk smoltproduksjon samt Stjørdalselva og Verdalselva henholdsvis 7 og 5 % av teoretisk smoltproduksjon. Elvene i Trondheimsfjorden har samlet sett 72 % av teoretisk smoltproduksjon for POet og om lag 18 % av produksjonen for hele landet.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 21. mai (uke 20).

## Resultater 2021

### Trålfangst:

Det ble trålt i Trondheimsfjorden fra 10. mai til 4. juli, ukene 19-26. I ukene 19-23 ble det estimert lav dødelighet, moderat i uke 24, deretter lav dødelighet de to siste ukene, og data støtter derfor en kategorisering i lav lakselusindusert dødelighet i 2021. Det er ikke gjort analyser av tilhørighet til elv, men de lave lusetallene på all fisken indikerer at dette ikke ville endret konklusjonen. Størst fangster ble oppnådd ukene 20-21, dernest uke 22. Fangstene avtok deretter, og bare et fåtall fisk ble fanget de to siste ukene. Trålperioden ser derfor ut til å ha dekket smoltutvandringen i området. Det er trålt lengre ute enn tidligere, men laksen vil trolig pådra seg ytterligere smitte utenfor der det er trålt. Usikkerheten for området som helhet vurderes som middels på grunn av manglende dekning av hele utvandringsruten med trål og at trålingen ikke dekker Nordmøre.

Sjørørret ruser: Data fra ruse og garnfangst like etter smoltutvandringen indikerer lav dødelighet for sjørørret fanget ved Agdenes uke 22, men økende til moderat og høy senere, høy ved Hitra uke 24. Rusedata fra Agdenes anses relativt dekkende for utvandningsperioden for laksen fra Trondheimsfjorden, mens stasjonen på Hitra er undersøkt sent, 4 uker etter estimert median utvandring og vil derfor bare dekke sent utvandrende laks. Ruse og garndata tilsier derfor en kategorisering i moderat lakselusrelatert dødelighet, men usikkerheten anses som stor da det bare er undersøkt to stasjoner, og disse dekker ikke Nordmøre, området hvor smittekartene sentrert rundt median smoltutvandring viser at det er høyest smittepress. I tillegg viser både smittepresskartene og observasjonene av lus på garn- og rusefanget fisk økende smittepress nordover utover mai og juni.

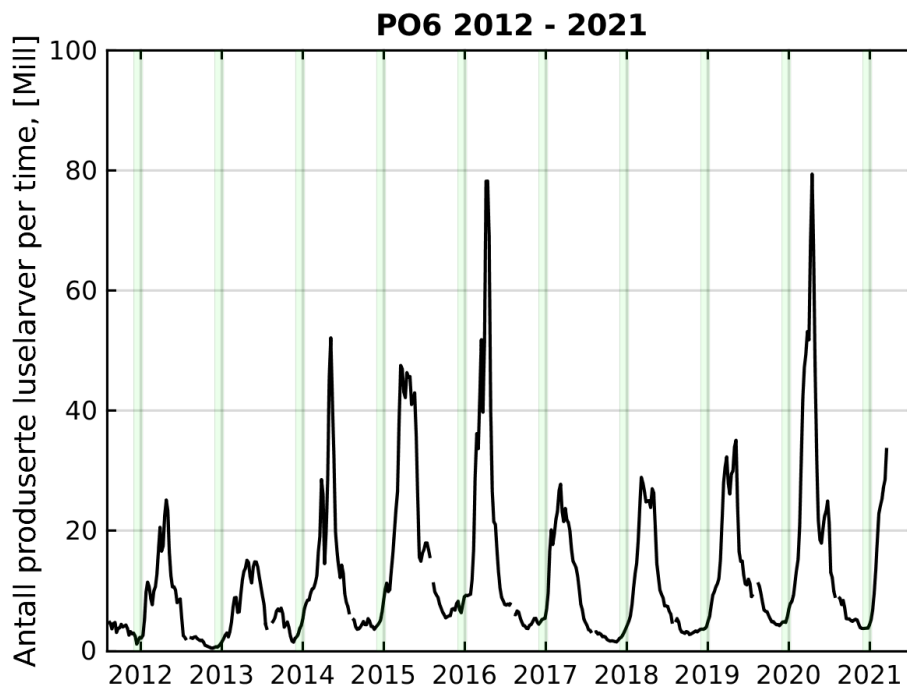
HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i sør og moderat til høyt i områdene rundt utløpet av Trondheimsfjorden. Laksesmolten som vandrer ut Trondheimsfjorden kan bli noe påvirket, men dette vil avhenge sterkt av vandringsruten etter at den forlater Trondheimsfjorden. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (8 %). Indeksen varierer noe rundt tidspunktet for 50 % utvandring, men holder seg i kategorien lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har middels usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 6 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og i 2021. Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene både i 2020 og i 2021, da respektivt 58 % og 32 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Det gjøres oppmerksom på at PO6 er et område som ofte har forhøyet lusepress ute på kysten. Videre vandring fra det som ligger til grunn i denne vurderingen kan påvirke villfisken negativt og det er stor usikkerhet knyttet til svømmerutene til vill postsmolt. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012–2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandningsperioden til vill fisk har hatt annenårlig svingning i perioden 2014-2020, med høyere smittepress oddetallsår. I 2021 er det lavere smittepress i utvandringstiden til villfisk i forhold til tidligere oddetallsår. Både i 2020 og 2021 var den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat uansett utvandringstidspunkt og toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO6 er derfor vurdert som liten både i 2020 og 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 3 %, mens dødelighet for verste scenario var over 20 men under 30 %. Tidligere års data fra bur rundt Trondheimsfjorden har blitt brukt til kalibrering av modellen. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har middels usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt: Uvektet gjennomsnitt var 2 % som gir lav påvirkning. Modellen viser moderat påvirkning av luseindusert dødelighet på bestandene hjemhørende i elver i Sunndalsfjorden. Resten av bestandene i PO6 er estimert til å ha lav påvirkning. Det er noe dødelighet (innenfor lav kategori) på bestander i elvene som kommer ut i Snillfjorden/Hemnfjorden. Modellen estimerer ingen påvirkning på dødelighet på smolt som kommer ut i elvene i Trondheimsfjorden. Det er ikke sammenlignet modellresultat med observasjoner i området. Variasjon i tålegrenser og utvandringstidspunkt gir videre estimat fra lav til moderat kategori og usikkerheten vurderes dermed til å være middels.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 77.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 6), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen. Det er også viktig å merke seg at 2016 og 2020 hadde en spesielt kraftig økning i luselarver utover sommeren.

### 5.9. Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

**Konklusjon:** Moderat lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021. Kategorien ligger nærmere lav enn høy lakselusindusert dødelighet.

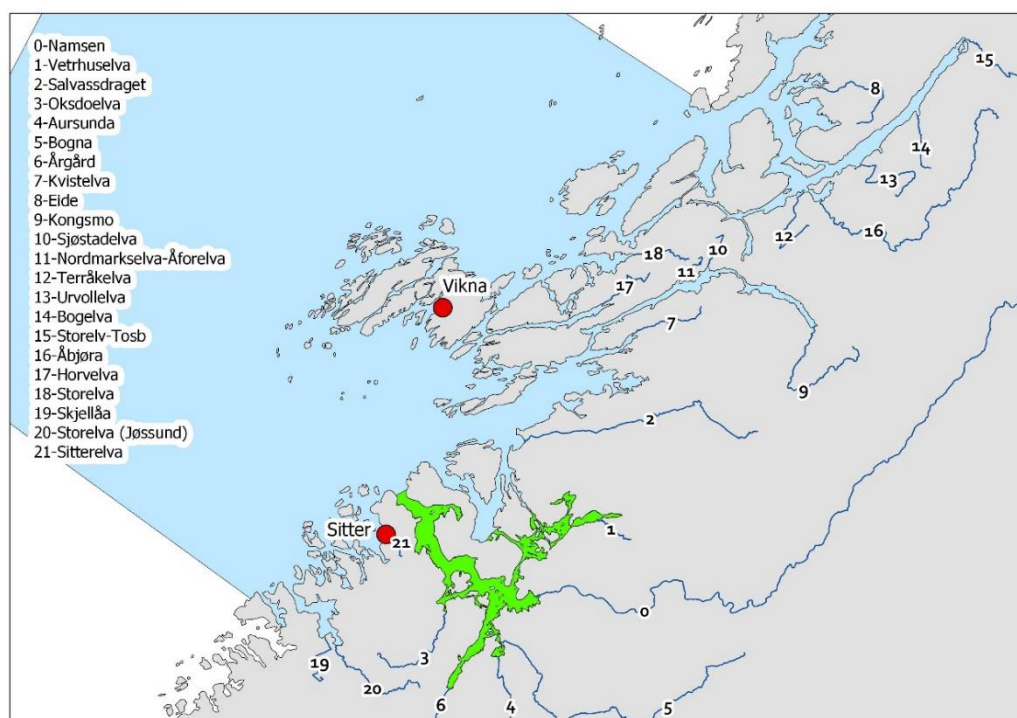
**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha stor usikkerhet.

Produksjonsområdet 7 er et område som er svært vanskelig å vurdere på grunn av at Namsen har en høy andel av den totale smoltproduksjonen i POet. 2021 er et år med forhøyet smittepress nord for Vikna, noe som skjer annethvert år på grunn av hvordan produksjonen av oppdrettslaks er strukturert. En usikkerhet i PO7 er derfor hvert år om laksesmolten fra Namsen vandrer vest eller nord inn i det forhøyede smittepresset. Det er høye påslag av lakselus på sjørret. HI smittepress og HI virtuell smolt indikerer moderat påvirkning med stor usikkerhet nedover, mens SINTEFs og VIs smoltmodeller indikerer lav påvirkning med middels usikkerhet. Modellresultatene er tilsynelatende svært like som i 2019, men ettersom resultatene bruker nye utvandringsestimater som indikerer senere utvandring, er smittepresset i virkeligheten høyere

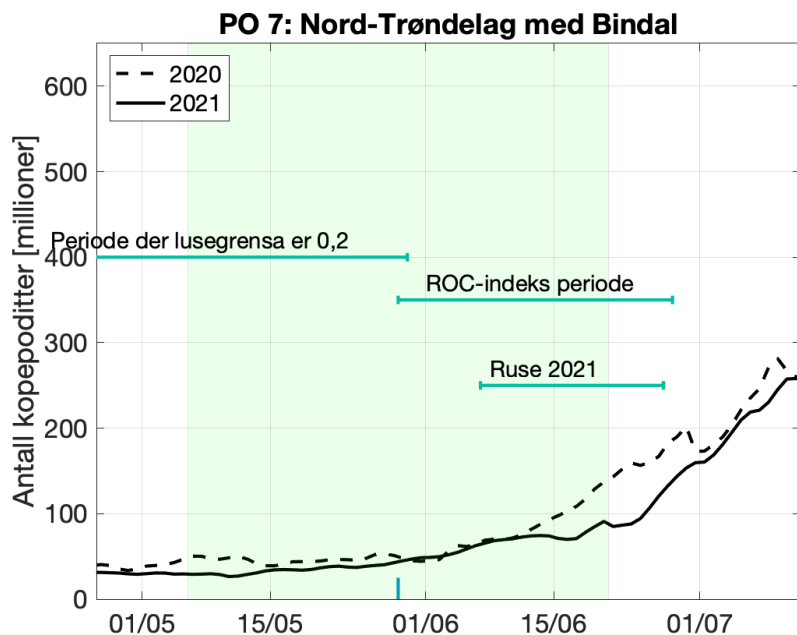
enn i 2019. Produksjonsområdet blir kategorisert i moderat med stor usikkerhet til forskjell fra i 2019 hvor kategoriseringen var lav.

**Tabell 10.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

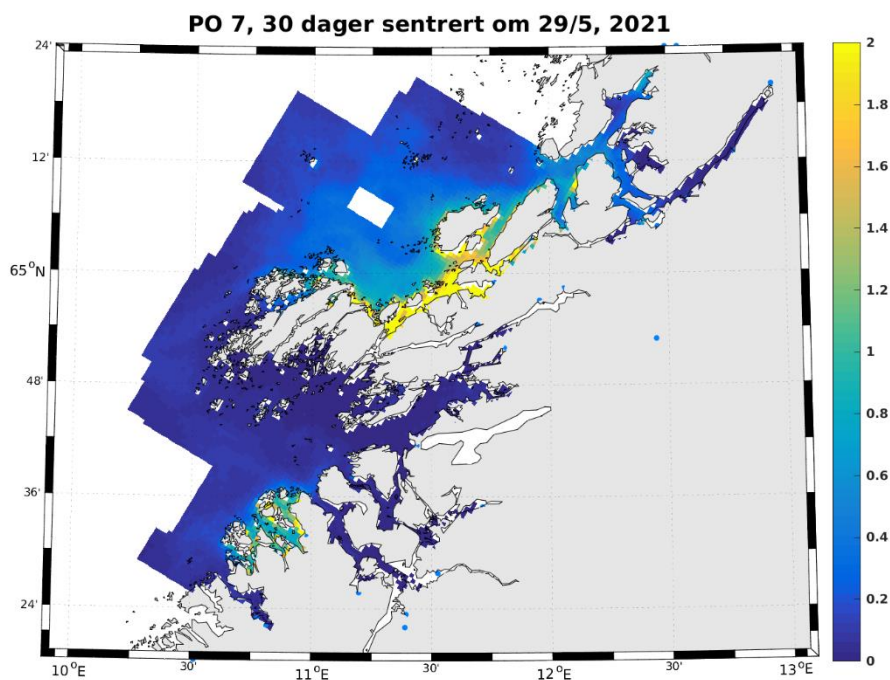
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	32	22	902 000 (9,0 %)
2017	36		
2018	40		
2019	44		
2020	45		
2021	43		



**Figur 88.** Produksjonsområde 7. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjoner (røde sirkler). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 99** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 7 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørørret ruse.



**Figur 30.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 7 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Dette produksjonsområdet domineres av Namsen med 69 % av teoretisk smoltproduksjon samt Årgårdsvassdraget med 14 %.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 29. mai (uke 21).

## Resultater 2021

Sjørret ruser: I 2021 ble Sitter undersøkt ukene 23 og 25, samt Vikna uke 25. Estimert dødelighet var høy begge ukene, og på begge lokalitetene, og indikerer en kategorisering i høy lakselusindusert dødelighet. Det er stor usikkerhet knyttet til estimatene pga. lavt antall fanget ved Sitter i uke 23, mens uke 25 er noe sent i forhold til median dato for utvandring. Mye av lusen på fisken fanget var fastsittende, og estimatene uke 25 vil derfor fange opp smittepresset etter estimert dato for median utvandring.

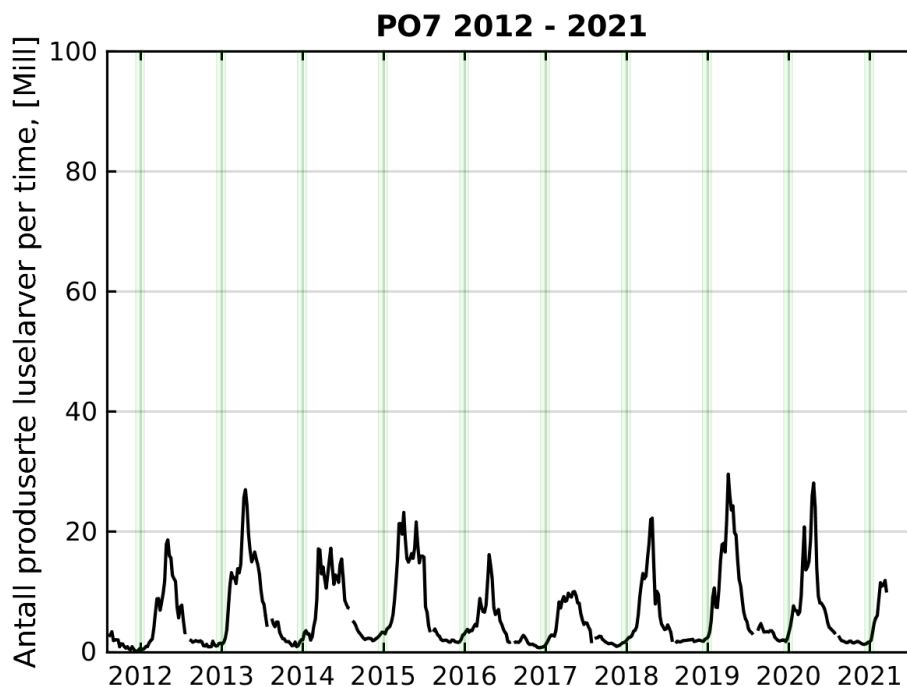
HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i området sør for Vikna. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (11 %). Indeksen varierer noe og øker betydelig etter tidspunktet for 50 % utvandring. Indeksen ligger dessuten på grensen mellom moderat og lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har stor usikkerhet som peker nedover mot lav kategori.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 7 er vurdert til å ha moderat dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og 2021. Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene både i 2020 og i 2021, da respektivt 27 % og 36 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandningsperioden til vill fisk har vært stabilt siden 2014, men noe høyere lusepress i 2014 og 2019. Den estimerte dødeligheten blir kategorisert som lav for fisk med høy toleranse mot lakselus i 2020 og som lav for tidlig fisk og fisk med høy toleranse mot lakselus i 2021. Usikkerheten til kategoriseringen i PO7 er derfor vurdert som middels i 2020 og stor i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 3 %, mens dødelighet for verste scenario var over 20 men under 30 %. Tidligere års data fra bur rundt Namsen og Vikna har blitt brukt til kalibrering av modellen. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har middels usikkerhet.

SINTEF virtuell smolt. Uvektet gjennomsnitt 5 %. SINMOD viser lav påvirkning av lakseindusert dødelighet på de fleste smoltbestandene bortsett fra for elvene som kommer ut i Tosen. I det sistnevnte systemet er 3 elver estimert til å være moderat påvirket og en høyt påvirket. Det er ikke sammenlignet modellresultat med observasjoner i området. Variasjon i tålegrenser og utvandringstidspunkt gir videre estimat fra lav til moderat kategori og usikkerheten vurderes dermed til å være middels.

## Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 31.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 7), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

## 5.10. Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

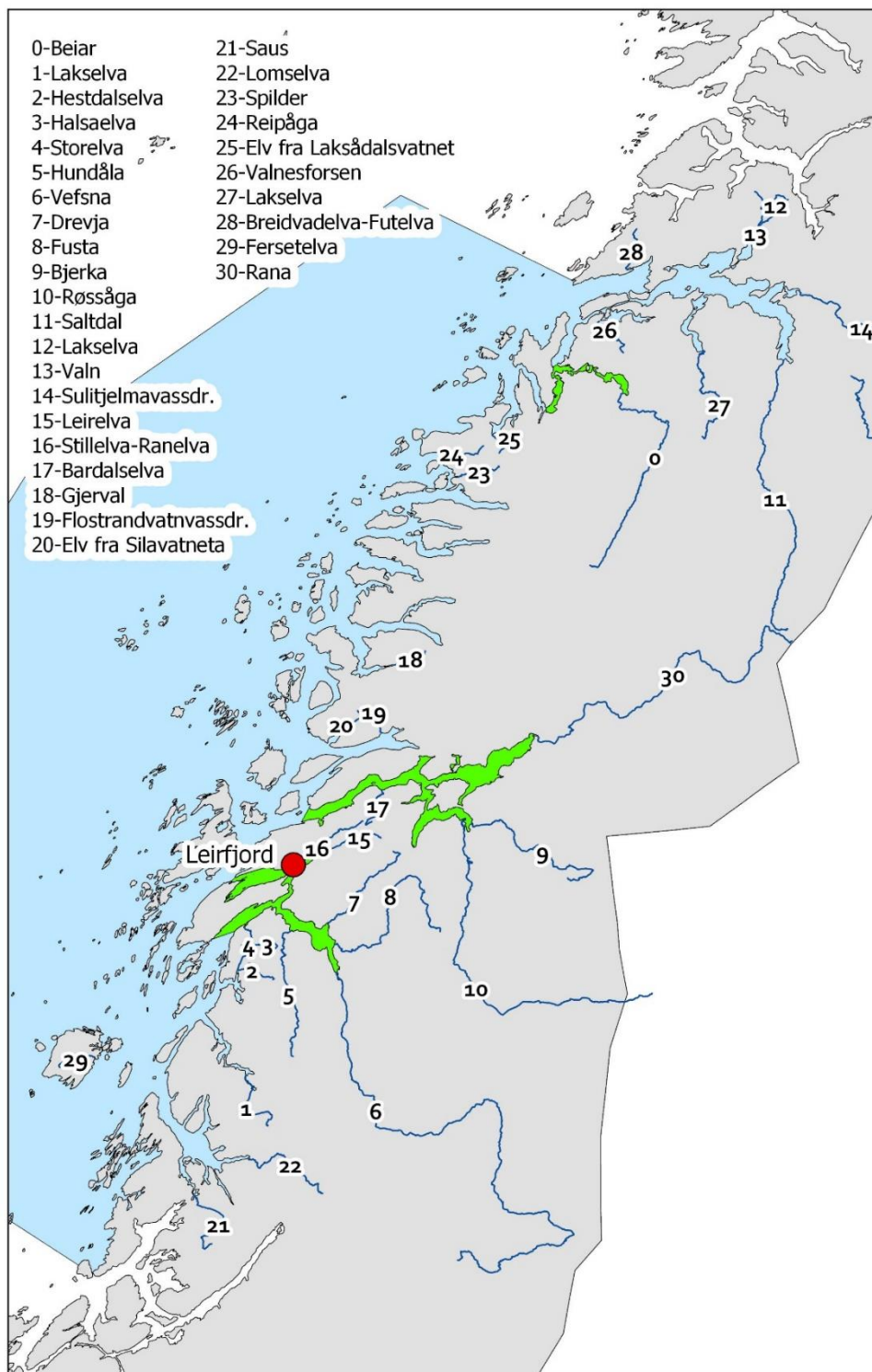
**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

2021 er det året med høyest utbredelse av smittepress siden 2016-vurderingen. Likevel er det ingen av metodene som indikerer noe annet enn lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Samtidig er det stor usikkerhet til kategoriseringen av sjøørret ruser, HI smoltmodell og VI smoltmodell. Det påpekes at dette er et svært stort produksjonsområde hvor det relativt sett derfor er lite observasjonsdata i forhold til hvor stort området er. Gitt den lave dekningsgraden av observasjonsdata kan ikke ekspertgruppen utelukke at det er høye påslag av lakselus som ikke plukkes opp av modellene. Vi anser dette som usannsynlig, men erfaringer fra andre områder tilsier at det i enkelte områder er høyere påslag enn det som utslipp og modellering skulle tilsi (se for eksempel Sognefjorden i PO4). Med et økende smittepress i dette området er det uklart om slike tilfeller vil inntreffe i dette produksjonsområdet og vi setter derfor usikkerheten til middels på grunn av manglende observasjonsdata.

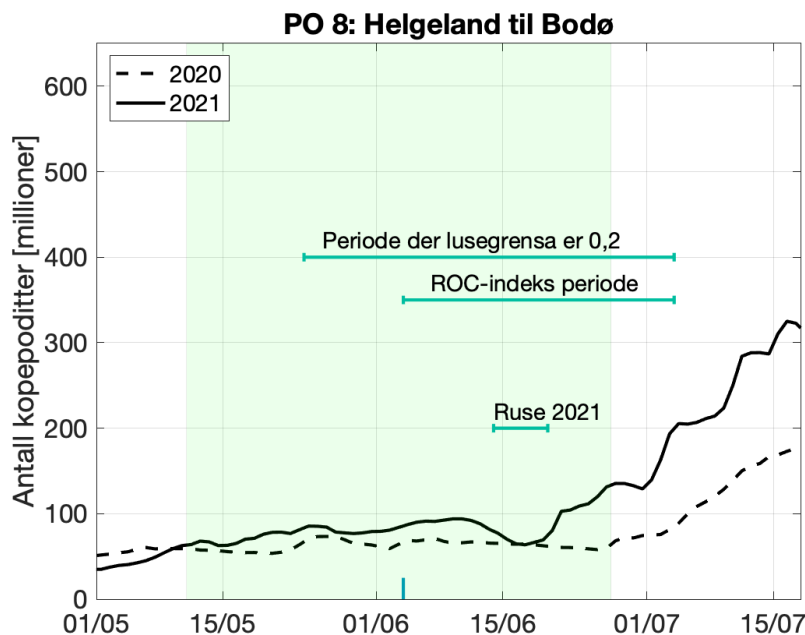
**Tabell 11.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

<b>År</b>	<b>Aktive anlegg</b>	<b>Antall elver</b>	<b>Smoltproduksjon</b>
2016	60	30	364 000 (3,6 %)
2017	57		
2018	74		
2019	65		
2020	72		
2021	63		

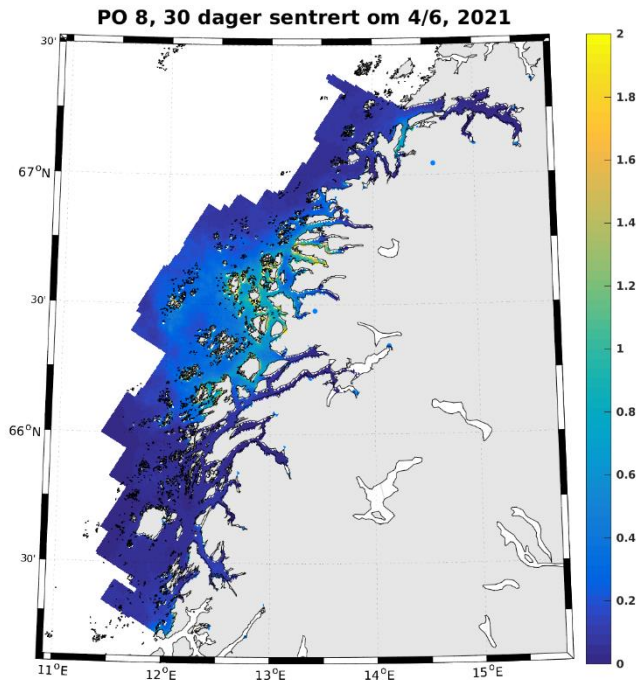




**Figur 310.** Produksjonsområde 8. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn-stasjonen (rød sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 33.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørøret ruse.



**Figur 114.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 8 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Dette produksjonsområdet domineres av Vefsna og med 35 % av teoretisk smoltproduksjon. Fusta, Røssåga og Rana har videre 7, 7 og 6 % av teoretisk smoltproduksjon,

og lengre nord i området har Beiarvassdraget og Saltdalselva henholdsvis 7 og 9 % av teoretisk smoltproduksjon.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 4. juni (uke 22).

## **Resultater 2021**

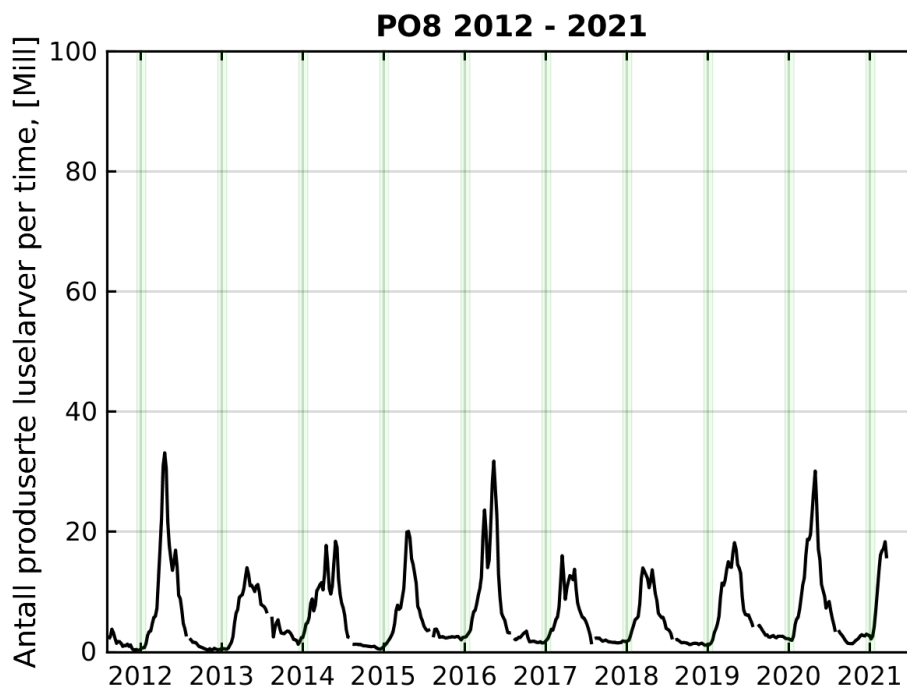
Sjøørret ruser: Det var en sjøørretstasjon i området i 2021, Leirfjord, undersøkt i uke 24, hvor estimert dødelighet var lav, og smittepresskartene sentrert rundt estimert dato for median utvandring viser bare enkelte området med forhøyet smittepress. Tidsperioden undersøkt anses som dekkende for smoltutvandringen i området. Det konkluderes med at sjøørretruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet, men at konklusjonen har stor usikkerhet grunnet bare en stasjon, og at denne ikke dekker områdene med høyest estimert smittepress.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i området, bortsett fra noen små lokale områder med høyt smittepress. Under utvandringen i fjordene vil laksesmolten trolig bli lite påvirket av luselarver fra oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (4 %). Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 8 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og 2021. Den estimerte dødeligheten har stor variabilitet mellom elvene i 2020 og middels variabilitet i 2021, da respektive 63 % og 77 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012–2021 viser relativt stabilt modellert lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk i perioden 2014–2021 med noe forhøyet lusepress i 2014, 2018 og 2020. I 2020 er det estimerte lusepresset kategorisert som moderat for fisk med lav toleranse mot lakselus. I 2021 er den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat for sent utvandrende fisk samt for fisk med lav toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO8 er derfor vurdert som middels i 2020 og stor i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 3 og 4 %, mens dødelighet for verste scenario var rundt 30 % (29 % for uvektet og 31 % for vektet gjennomsnitt). Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har stor usikkerhet fordi vektet gjennomsnitt var over 30 %.

## Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 125.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 8), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringstidspunktet i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et klart økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

### 5.11. Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

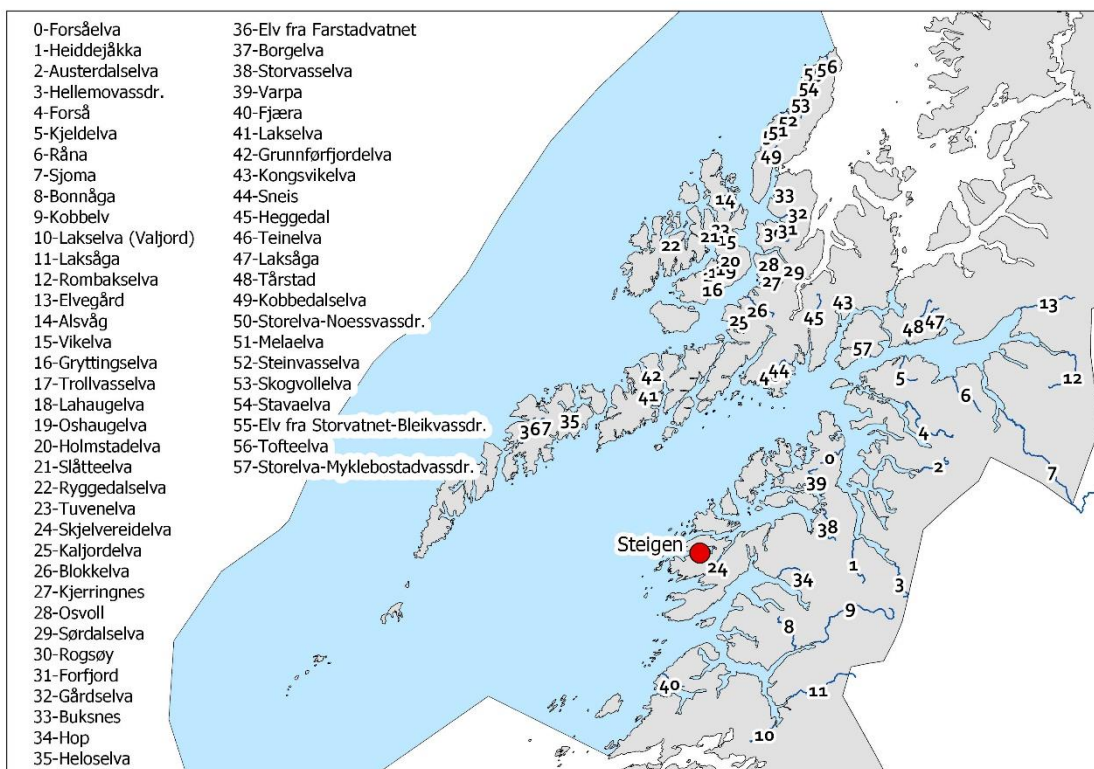
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

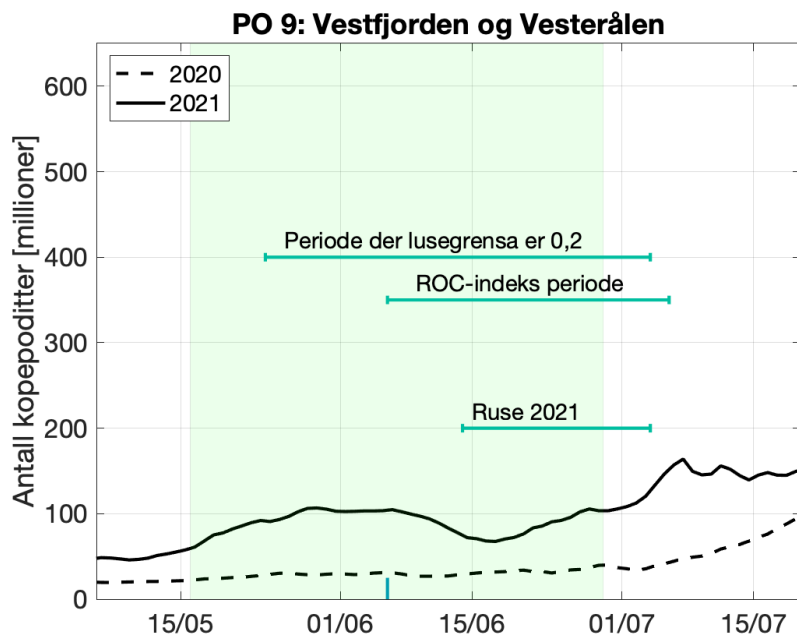
Det er kun en sjørrertruse i dette området (Steigen) og denne indikerer høy luseindusert villfiskdødelighet. Det påpekes at denne stasjonen er plassert i et område med høyt smittepress. HI smitte kategoriserer området i lav med liten usikkerhet. Det påpekes at HI virtuell smolt kategoriserer området til lav påvirkning, men er sensitiv for om dødelighetsgrensene (lus per gram) og utvandringstidspunkt endres. VI virtuell smolt definerer området i lav påvirkning med moderat usikkerhet. Vi bemerker at biomassen og utslipp av lus er høyere i dette området enn tidligere år. På lik linje med produksjonsområde 8 er det svært lite observasjonsdata og en situasjon med økende smittepress. Her det dermed også uklart om tilfeller med høye påslag av lakselus vil inntreffe før modellene tilsier det, og vi setter derfor usikkerheten til konklusjonen som middels på grunn av manglende observasjonsdata.

**Tabell 12.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

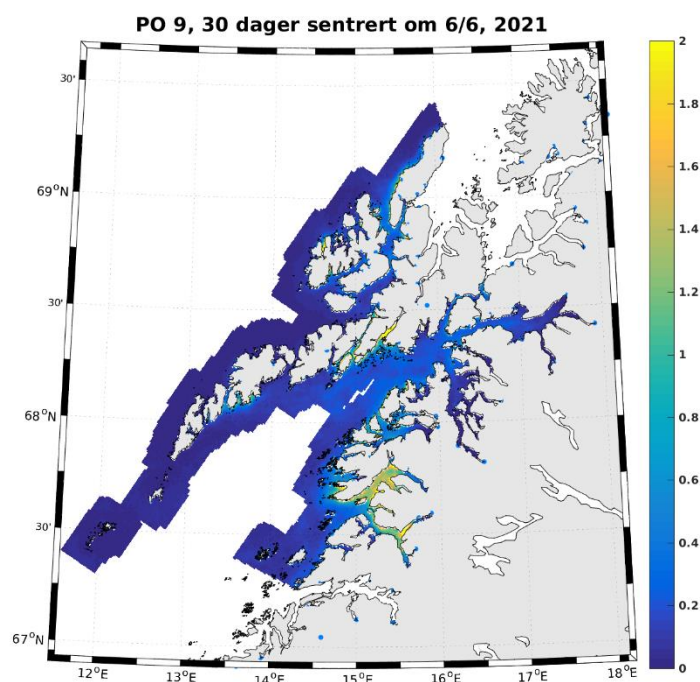
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	51	58	193 000 (1,9 %)
2017	60		
2018	62		
2019	58		
2020	69		
2021	70		



**Figur 136.** Produksjonsområde 9. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonen (røde sirkel).



**Figur 37.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandringsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørørret ruse.



**Figur 148.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 9 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* I dette POet har det kystnære Buksnesvassdraget i Vesterålen 9 % av teoretisk smoltproduksjon. Skjoma har 8 % av teoretisk smoltproduksjon.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 6. juni (uke 23).

## Resultater 2021

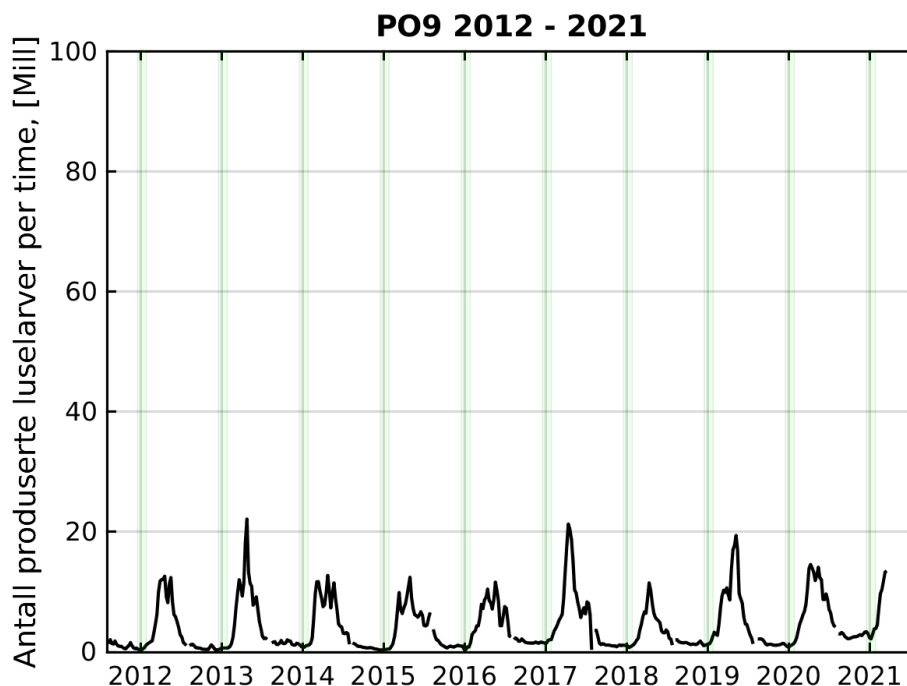
Sjøørret ruser: Det er foretatt garn og rusefangst i Steigen ukene 24 og 25, begge ukene estimeres det høy lakselusindusert dødelighet. Smittekartene sentrert rundt median tid for utvandring indikerer enkelte områder med forhøyet smittepress. Steigen dekker ett slikt område. Undersøkelsene ble utført 1-2 uker etter median utvandring, og vurderes som dekkende for utvandrende laksesmolt. Estimaten indikerer en kategorisering i høy lakselusrelatert dødelighet i 2021, mens usikkerheten vurderes som stor grunnet begrenset data, og en har ikke undersøkt stasjoner med lavt estimert lusepress.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av området (bortsett fra i noen små lokale områder), og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (3 %). Indeksen varierer lite rundt tidspunktet for 50 % utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 9 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og i 2021. Den estimerte dødeligheten har lav variabilitet mellom elvene i 2020 og middels variabilitet i 2021, da respektivt 90 % og 66 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012–2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandningsperioden til vill fisk var høyere i 2021 enn tidligere år. I 2020 var den estimerte dødeligheten kategorisert som lav uansett utvandringstidspunkt og toleranse mot lakselus. I 2021 var den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat for sent utvandrende fisk samt for fisk med lav toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO9 er derfor vurdert som liten i 2020 og stor i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var henholdsvis 3 og 4 %, mens dødelighet for verste scenario var over 20 men under 30 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen er middels usikker.

## Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 159.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 9), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

### 5.12. Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

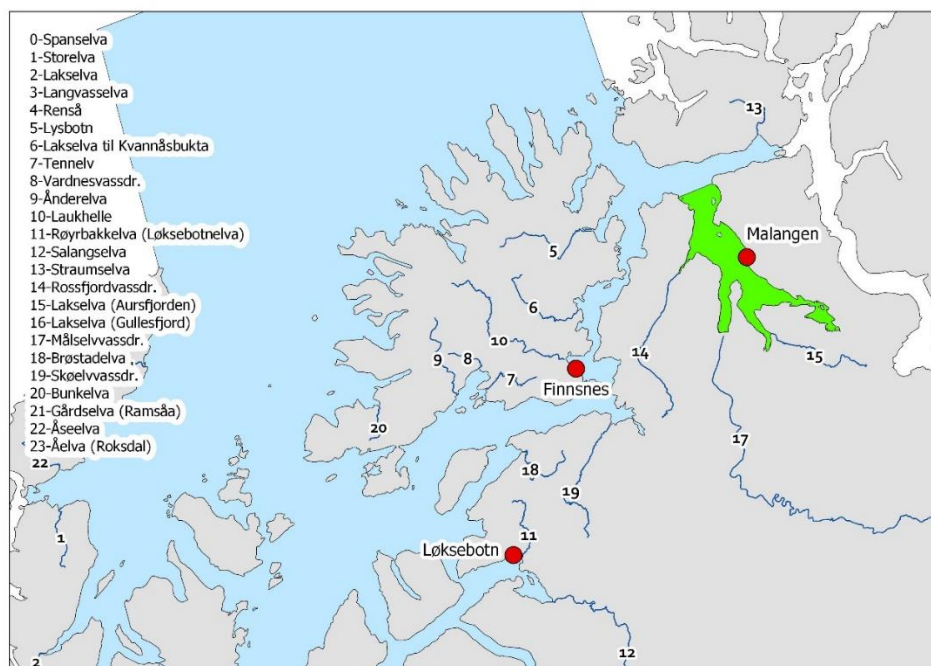
**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha stor usikkerhet.

Det er 3 sjørretstasjoner i dette området som indikerer fra lavt til moderat påslag og tilsier en kategorisering i lav påvirkning med middels usikkerhet. HI smittepress indikerer moderat smittepress. HI virtuell smolt tilsier moderat påvirkning og alt i alt ligner resultatene fra 2021 på 2019, men med noe høyere nivå. VI virtuell smolt indikerer lav kategorisering med moderat usikkerhet. Vurderingen fra ekspertgruppen er at det er lav lakselusindusert villfiskdødelighet i dette området, men at det er stor usikkerhet knyttet til denne vurderingen. Usikkerheten er stor både fordi det kun er observasjoner fra sjørretruser fra området, modellresultatene er sensitive til antakelse om at vi har definert utvandringstidspunkt korrekt, og fordi ikke alle metodene indikerer lav.

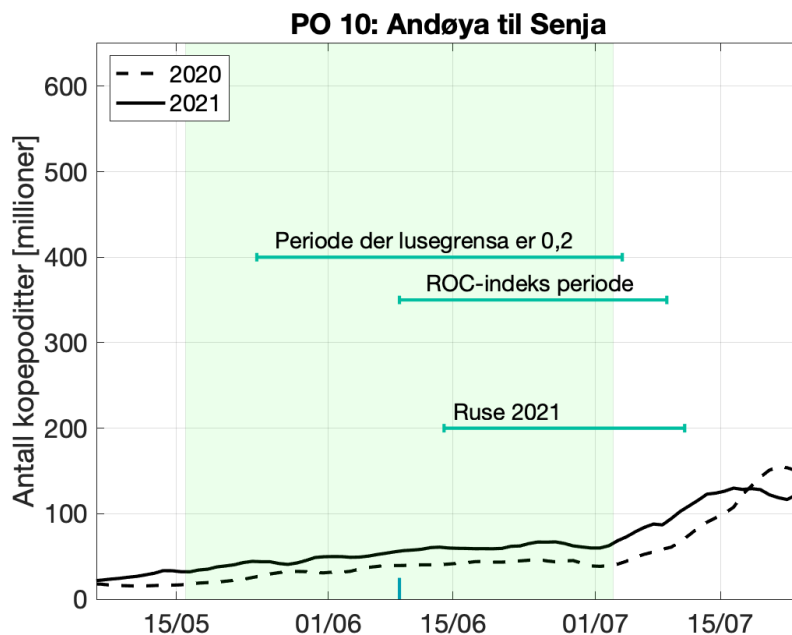


**Tabell 13.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

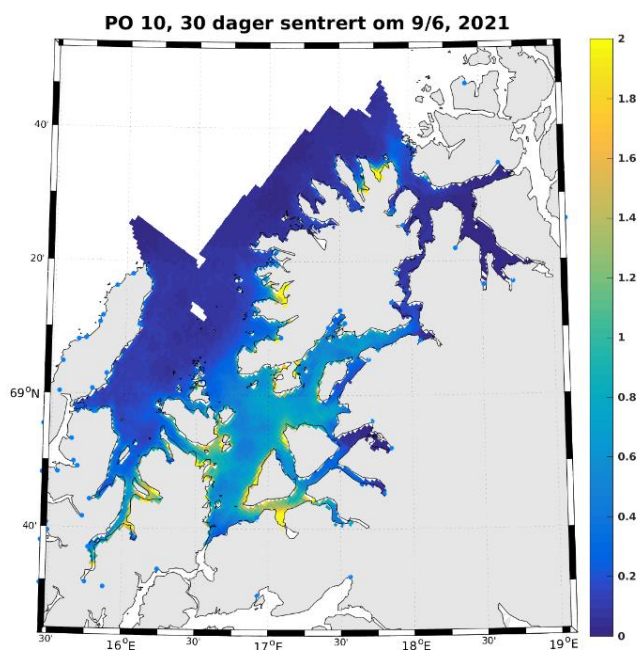
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	44	24	328 000 (3,3 %)
2017	47		
2018	46		
2019	45		
2020	49		
2021	47		



**Figur 16.** Produksjonsområde 10. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjonene (røde sirkler). Den nasjonale laksefjorden er indikert (grønt areal).



**Figur 41.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skraveret område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjørøret ruse.



**Figur42.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 10 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Dette produksjonsområdet domineres av Målselva med 38 % av teoretisk smoltproduksjon, i tillegg har Salangsvassdraget 16 %, Roksdalsvassdraget 10 % og Laukhelle 8 % av produksjonen.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 9. juni (uke 23).

## Resultater 2021

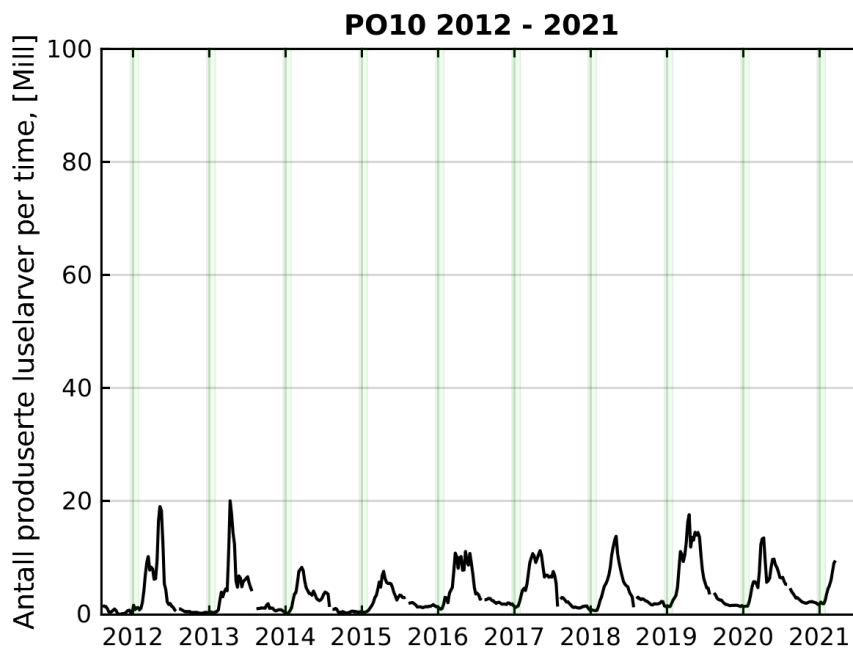
Sjørørret ruser: Det var tre ruser i området og estimert dødelighet varierte, med lav dødelighet i ukene 24-26 i Løksebotn, i Finnsnes lav uke 24, moderat uke 25 og lav uke 26, og lav i Malangen ukene 25-26. Det konkluderes med at sjørørret ruser støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Tidsrommet stasjonene er undersøkt anses dekkende for perioden noe før til noe etter median utvandring for området, noe som støttes ved at noe laks ble fanget i ruse ved Finnsnes uke 24, noe mer ukene 25 og 26. Smittekartene som dekker median utvandring indikerer få områder med forhøyet smittepress, mens smittekartene fra median utvandring indikerer at området sør for Senja har forhøyet smittepress. Usikkerheten vurderes som middels da det var relativt få ruser for et så stort område.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er moderat til høyt i deler av området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli moderat påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er moderat (10%). Indeksen varierer noe rundt tidspunktet for 50% utvandring og går fra kategorien lav til moderat. Produksjonsområdet kategoriseres derfor med moderat lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har stor usikkerhet som peker nedover mot lav kategori.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 10 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus i 2020 og moderat dødelighet i 2021. Den estimerte dødeligheten har middels variabilitet mellom elvene i 2020 og stor variabilitet i 2021, da respektivt 67% og 42% av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser relativt stabilt modellert lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk siden 2016, men noe lavere i 2018 og noe høyere i 2019. På tross av at lusepresset ikke viser noen forskjell mellom 2020 og 2021, fordeles lusene ulikt på fisken mellom elvene, og flere elver får estimert dødelighet kategorisert som moderat i 2021 enn i 2020. I 2020 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat for fisk med lav toleranse mot lakselus. I 2021 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som lav for fisk med høy toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO10 er derfor vurdert som middels både i 2020 og i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 2 %, mens dødelighet for verste scenario var over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen er middels usikker.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 43.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 10), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser relativt like årlige trender fra 2012 til 2021, med et økende smittepress utover sommeren i etterkant av smoltutvandringen.

### 5.13. Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

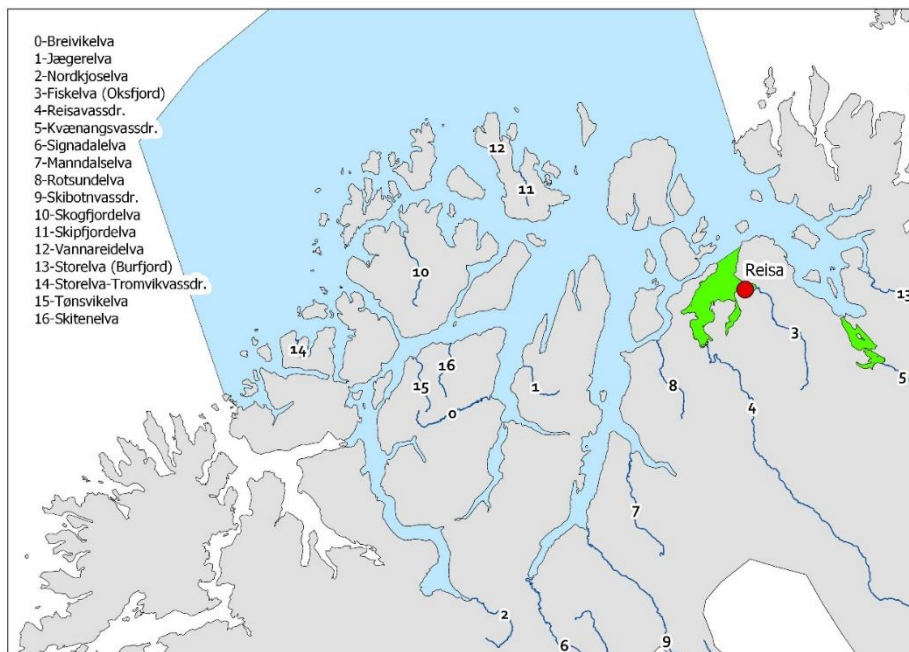
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

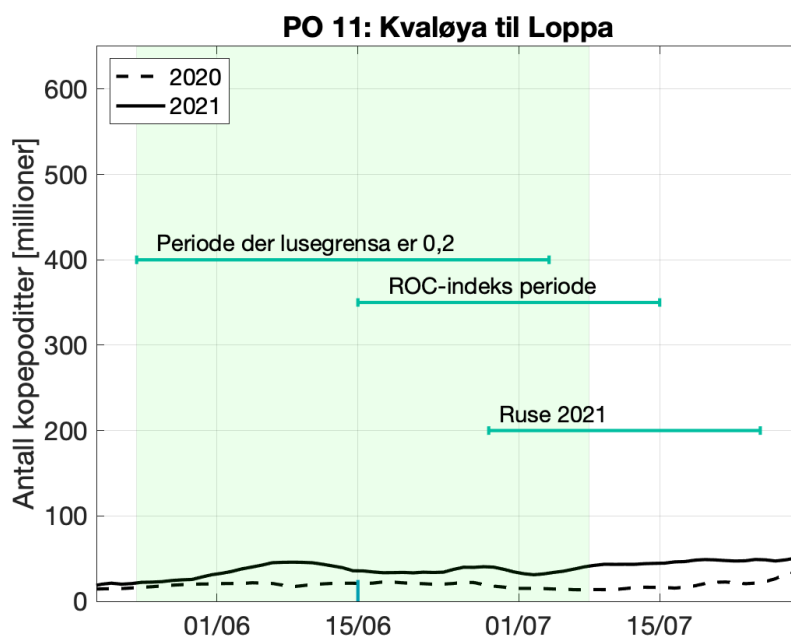
Det er kun en sjørreretstasjon i dette området og fangsten derfra tilsier moderat påvirkning med stor usikkerhet. Også HI virtuell smolt tilsier moderat påvirkning med stor usikkerhet. HI smitte viser liten utbredelse av smitte og kategoriserer området som lavt påvirket med liten usikkerhet, mens VI virtuell smolt kategoriserer området som lavt påvirket med middels usikkerhet. Det er altså høyere usikkerhet i dette området i år enn tidligere år ettersom HI virtuell smolt og sjørreretruser indikerer at det i noen områder er påslag av lakselus på laksesmolt. Det skal også påpekes at denne økningen i estimert lusedødelighet skjer på tross av at ny smoltutvandringsmodell antar et tidligere tidspunkt. På lik linje med produksjonsområde 8 og 9 settes usikkerheten til middels ettersom det er manglende observasjonsdata i et område hvor det er klare tegn til at smittepresset er på vei opp.

**Tabell 14.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

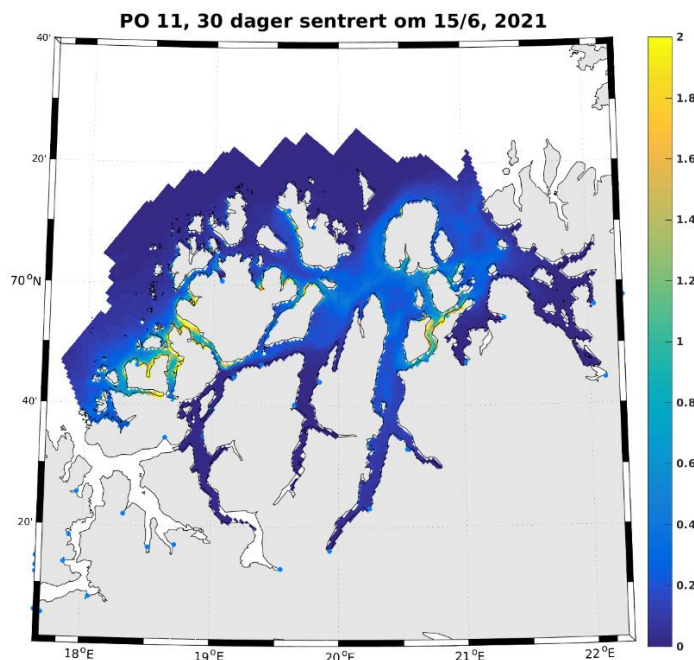
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	26	17	141 000 (1,4 %)
2017	29		
2018	27		
2019	20		
2020	29		
2021	28		



**Figur44.** Produksjonsområde 11. Oversikt over elvene (tall) og ruse/garn stasjon (rød sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 45.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 11 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjøørret ruse.



**Figur46.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2 m i produksjonsområde 11 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Dette POet domineres av Reisavassdraget (kyst) med 41 % av teoretisk smoltproduksjon samt Skibotnvassdraget (Storfjorden indre) med 22 %.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 15. juni (uke 24).

## Resultater 2021

Sjøørret ruser: Det er undersøkt en stasjon i området, Reisa sammenhengende ukene 25-30. Det estimeres lav dødelighet ukene 25-26, moderat 27-28, og lav ukene 29-30. Smittepresskartene viser at området undersøkt er lite påvirket, og representerer derfor en stasjon med lavt smittepress. Det er enkelte, men begrensede områder med høyere smittepress. Størst fangst er i ukene 28-29 og data støtter en kategorisering av området til moderat lakselusindusert villfiskdødelighet. Usikkerheten vurderes som stor, dette da det bare er en stasjon i dette relativt store området, som er plassert i en nasjonal laksefjord hvor smittekartene indikerer lavt smittepress, og det er ikke stasjoner i områdene som har høyere smittepress.

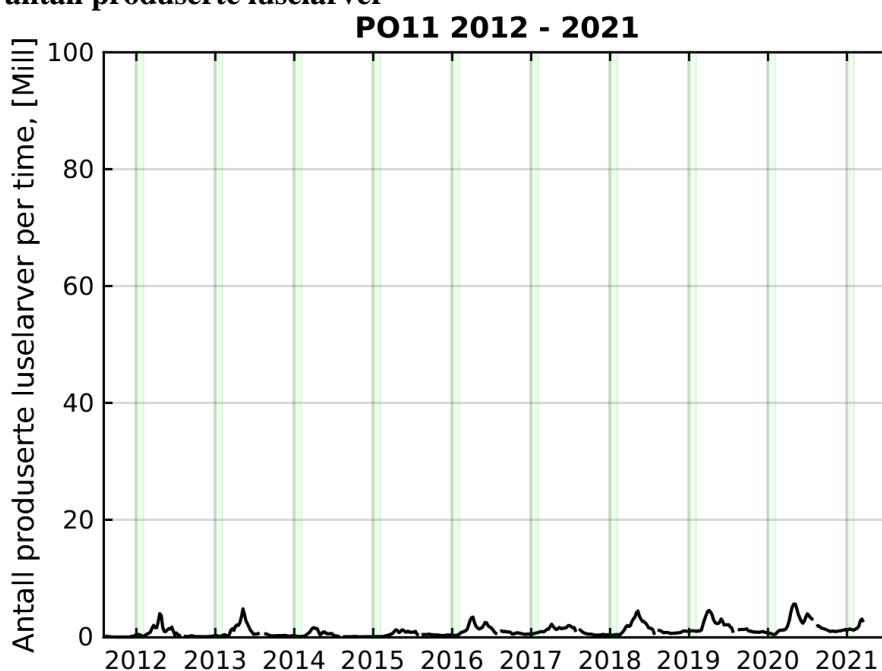
HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i dette området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (1%). Indeksen varierer lite rundt tidspunktet for 50% utvandring og holder seg i kategorien lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 11 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus i 2020 og moderat dødelighet i 2021. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom

elvene i 2020 og høy variabilitet i 2021, da respektivt 88% og 47% av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk synes å øke de senere år. I 2020 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som lav uansett utvandringstid og toleranse mot lakselus. I 2021 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som lav for tidlig utvandrende fisk og fisk med høy toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO11 er derfor vurdert som liten i 2020 og stor i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var begge 1 % mens dødelighet for verste scenario var over 10 %. Det finnes ikke data til å validere modellen fra dette området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen er middels usikker.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 47.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 11), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2021, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen i de siste fire årene.



## 5.14. Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

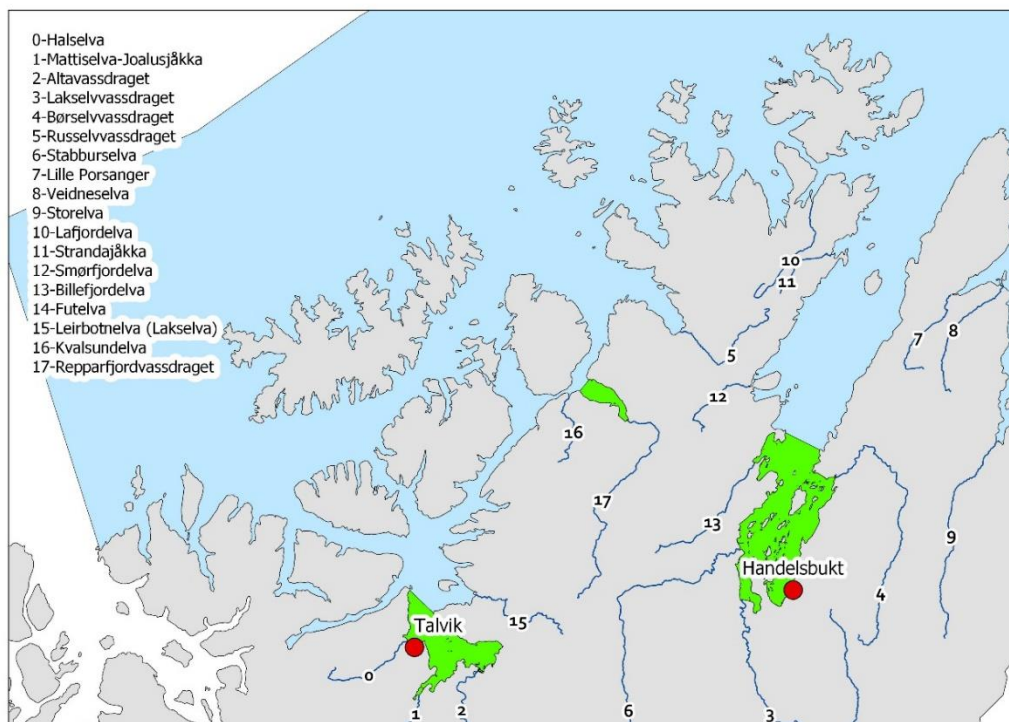
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha middels usikkerhet.

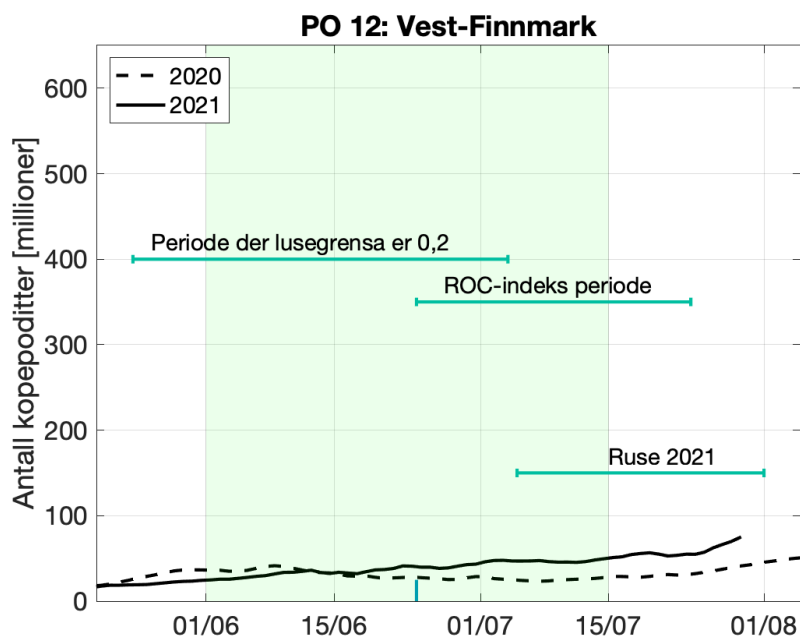
Det er ikke gjennomført tråling i dette produksjonsområdet i 2021. Det er to sjøørretruser som begge ligger i nasjonale laksefjorder. I Talvik var det lite lus i begynnelsen, men sterk økning på slutten en god stund etter estimert utvandring av laksesmolten. Sjøørretrusene tilsier derfor lav påvirkning med stor usikkerhet. HI smittepress indikerer lav lakselusindusert villfiskdødelighet med liten usikkerhet. HI smoltmodell indikerer lav kategorisering med moderat usikkerhet ettersom kategoriseringen endres hvis grenseverdiene endres (lus per gram endres). VI smoltmodell indikerer lav kategori med middels usikkerhet. I sum konkluderer vi derfor med middels usikkerhet og påpeker at det ser ut som det er økt smittepress også i dette området. Det påpekes også at det er usikkerhet til om de nye modellestimatene fra utvandringmodellen treffer utvandringstidspunktet til store elver i området.

**Tabell 15.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

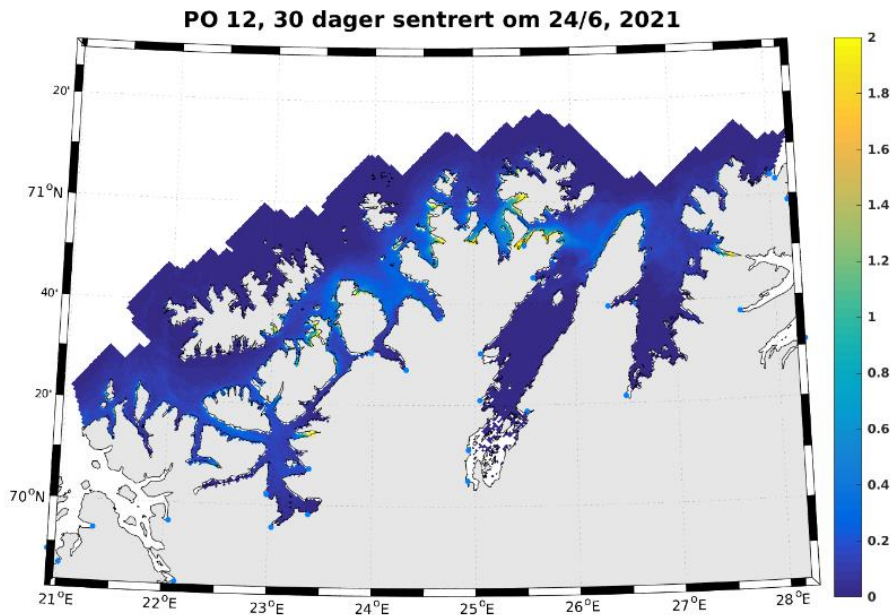
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	37	18	587 000 (5,8 %)
2017	42		
2018	45		
2019	39		
2020	49		
2021	43		



**Figur 48.** Produksjonsområde 12. Oversikt over elvene (tall), ruse/garn stasjonene (røde sirkler). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 49.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 12 i smoltutvandningsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden («HI smittepress») og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert trålfangst og sjøørret ruse.



**Figur 50.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 12 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Dette produksjonsområdet domineres av Altaelva med 60 % av teoretisk smoltproduksjon. Videre østover kommer Repparfjordelva med 8 % og vassdragene i Porsangerfjorden der Lakselva, Børselva og Stabburselva har henholdsvis 10 %, 7 % og 4 % av teoretisk smoltproduksjon.

Beregnet tidspunkt for 50 % utvandring 24. juni (uke 26).

## Resultater 2021

Sjørret ruser: To stasjoner ble undersøkt i 2021, Talvik ukene 27 og 30, hvor det estimertes hhv. lav og moderat dødelighet, samt Handelsbukta i Porsangerfjorden uke 29 hvor det estimeres lav dødelighet. Stasjonene i Talvik og Handelsbukta er undersøkt hhv. 2 og 4 uker etter estimert median utvandring. Stasjonen i Talvik dekker derfor smoltutvandringen, mens stasjonen i Handelsbukta dekker trolig ikke fisk som vandrer tidlig. Antall stasjoner vurderes som lavt for et så stort område. Det konkluderes med at sjørrettrusen støtter en kategorisering av området til lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Smittekartene indikerer få områder og liten utstrekning av områder med forhøyet smittepress. Grunnet bare to stasjoner, og at disse ikke dekker området med høyest modellert tetthet av lakselus, vurderes usikkerheten som stor.

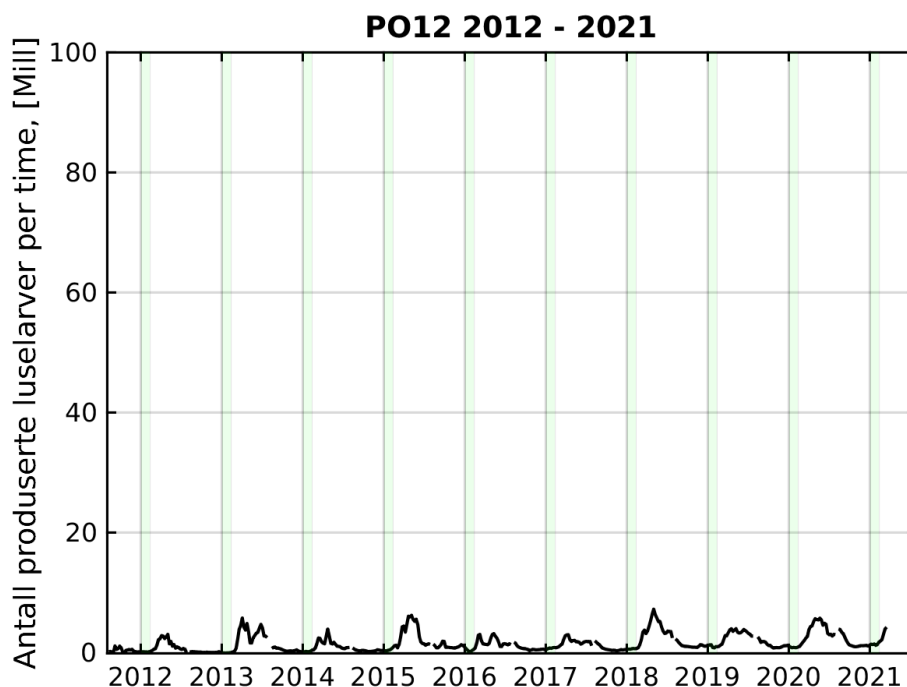
HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i det meste av området (unntak noen små fjordarmer), og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (0 %). Indeksen varierer lite

rundt tidspunktet for 50 % utvandring og holder seg i kategorien lav. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

III virtuell smolt: Produksjonsområde 12 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og i 2021. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene i 2020 og middels variabilitet i 2021, da respektivt 100 % og 67 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser forhøyet modellert lusepresset i utvandringstidsperioden til vill fisk i 2019 og 2021. I 2020 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som lav uansett utvandringstidspunkt og toleranse mot lakselus. I 2021 ble den estimerte dødeligheten kategorisert som moderat for fisk med lav toleranse mot lakselus. Usikkerheten til kategoriseringen i PO12 er derfor vurdert som liten i 2020 og middels i 2021.

VI virtuell smolt: Uvektet og vektet gjennomsnitt av dødelighet var under 1 % mens dødelighet for verste scenario var rundt 10 % (6 % for uvektet og 11 % for vektet gjennomsnitt). Modellen er ikke validert med data fra dette området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet. Denne konklusjonen har middels usikkerhet fordi vektet gjennomsnitt var over 10 %.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 5117.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 12), beregnet fra rapportert antall hunnslus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandringstidsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2021, men har tendenser til økt smittepress i etterkant av smoltutvandringen i de siste fire årene.

## 5.15. Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

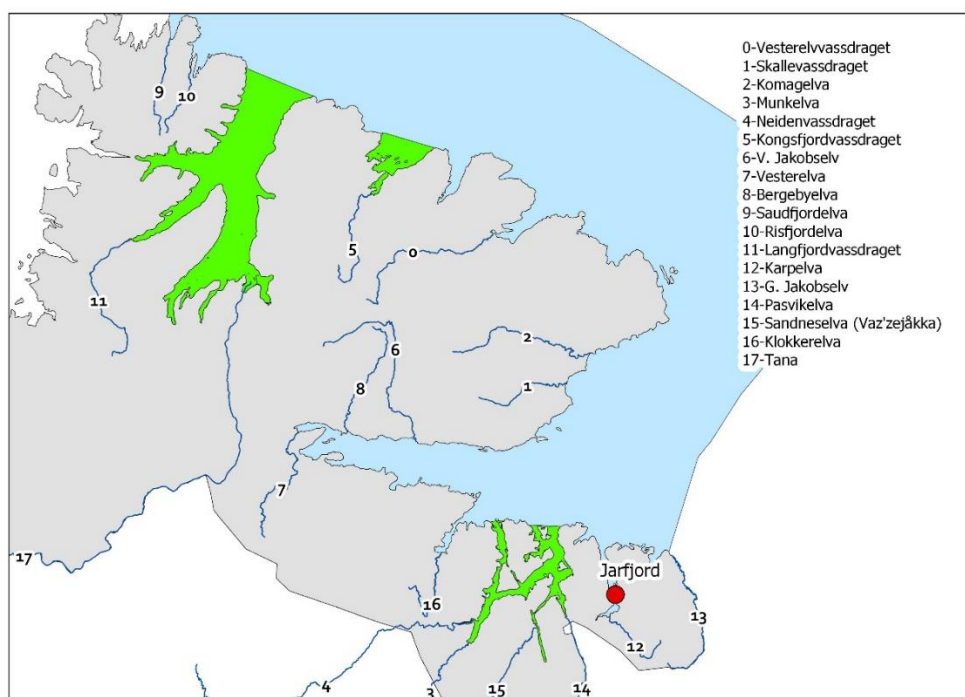
**Konklusjon:** Lav lakselusindusert villfiskdødelighet i 2021.

**Usikkerhet:** Konklusjonen vurderes å ha liten usikkerhet.

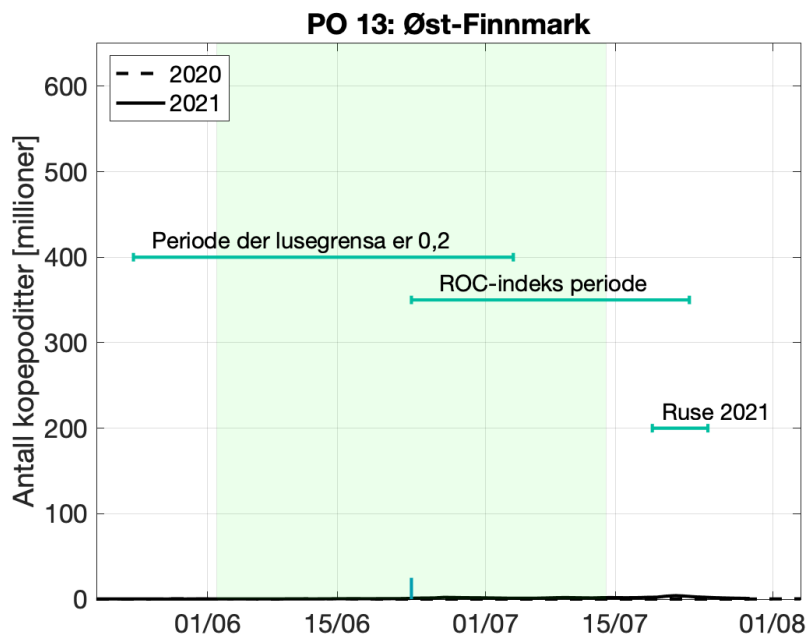
Det var en stasjon med sjøørretruse i området, som indikerte lavt nivå av lus. Alle modellresultater tilsier også lav lakselusindusert dødelighet, og vi vurderer derfor usikkerheten som liten.

**Tabell 16.** Oversikt over produksjonsområdet med angivelse av antall oppdrettsanlegg som rapporterte i perioden 1. april til 31. august, antall elver, samt teoretisk smoltproduksjon av villaks i vassdragene og andel av nasjonal smoltproduksjon i området.

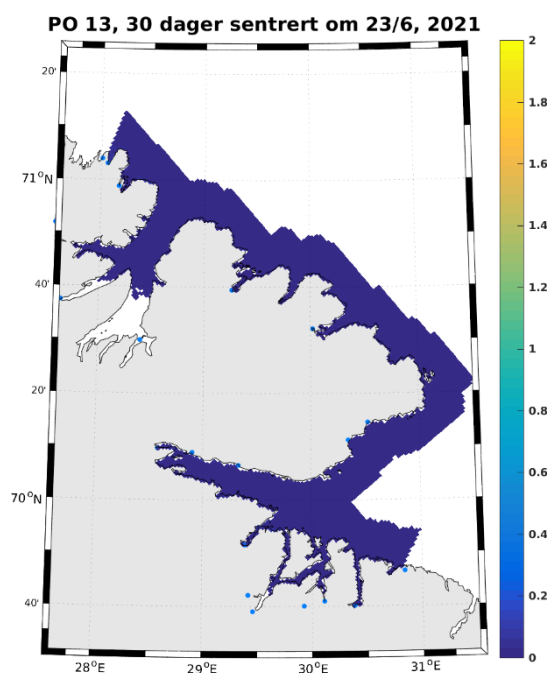
År	Aktive anlegg	Antall elver	Smoltproduksjon
2016	2	18	1 111 000 (11,0 %)
2017	3		
2018	3		
2019	3		
2020	4		
2021	2		



**Figur 52.** Produksjonsområde 13. Oversikt over elvene (tall)og ruse/garn stasjonen (røde sirkel). De nasjonale laksefjordene er indikert (grønne areal).



**Figur 53.** Antall kopepoditter produsert i oppdrettsanlegg i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden. Loddrett grønn linje indikerer median utvandringstidspunkt, og grønt skravert område markerer hele utvandningsperioden. Vannrette grønne linjer markerer aktuell tidsperiode for redusert lusegrense (0,2), ROC-indeks perioden (HI smittepress) og perioden som overvåkingsdataene ble samlet inn inkludert sjøørret ruse.



**Figur54.** Antall kopepoditter per kvadratmeter summert over de øverste 2m i produksjonsområde 13 i smoltutvandringsperioden.

*Viktige elver:* Dette POet domineres av Tanaelva med 79 % av teoretisk smoltproduksjon og utgjør i underkant av 10 % av Norges smoltproduksjon. Neiden, Laggo, Komag og Vestre

Jakobselv er andre betydelige laksevasdrag, men prosentandelen i regionen blir lav på grunn av Tanas dominans.

Beregnet tidspunkt for 50% utvandring 23 juni (uke 25).

## **Resultater 2021**

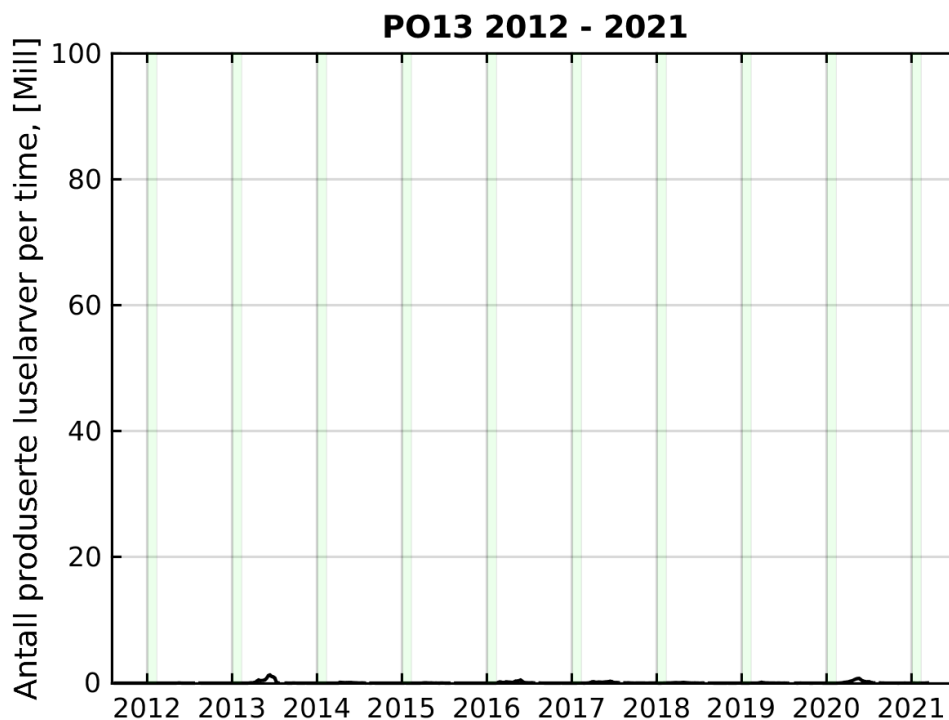
Sjøørret ruser: I dette området ble Jarfjorden undersøkt i uke 29. Det var lave nivåer av lus og tidspunkt, og det estimeres lav luseindusert dødelighet. En stasjon er i utgangspunktet lite for et så stort område, men da det er lave utslipp i området uten særlig økning gjennom perioden for lakseutvandring, samt at modellene ikke indikerer områder med vesentlig høyere smittepress enn de som er undersøkt, anses stasjonen dekkende. Vi vurderer derfor at konklusjonen har liten usikkerhet.

HI smittepress: Det kalibrerte smittepresset er lavt i hele dette området, og laksesmolten som vandrer ut vil trolig bli lite påvirket av luselarver med opphav i oppdrettsanleggene. Indeksen for risiko for høy påvirkning er lav (0 %). Indeksen varierer lite rundt tidspunktet for 50% utvandring. Produksjonsområdet kategoriseres derfor til å ha lav lakselusindusert villfiskdødelighet, og denne konklusjonen har liten usikkerhet.

HI virtuell smolt: Produksjonsområde 13 er vurdert til å ha lav dødelighet som følge av lakselus både i 2020 og i 2021. Den estimerte dødeligheten har liten variabilitet mellom elvene, da 100 % av elvene har samme kategorisering som for hele produksjonsområdet begge år. Fordelingen av lus på fisk i tidsrommet 2012 – 2021 viser at det modellerte lusepresset i utvandringsperioden til vill fisk er stabilt lavt. Den estimerte dødeligheten kategoriseres som lav uansett utvandringstidspunkt og toleranse mot lakselus begge år. Usikkerheten til kategoriseringen i PO13 er derfor vurdert som liten både i 2020 og i 2021.

VI virtuell smolt: Både vektet og uvektet gjennomsnitt av dødelighet var svært lavt (under 0,1 %) og dødelighet i det verste scenarioet var også lav (under 1 %). Modellen er ikke validert med data fra dette området. Det konkluderes med at modellen støtter en kategorisering av området i lav lakselusindusert villfiskdødelighet og at denne konklusjonen har liten usikkerhet.

### Tidstrend i antall produserte luselarver



**Figur 55.** Utslipp av luselarver fra alle anlegg i produksjonsområdet (PO 13), beregnet fra rapportert antall hunnlus i anleggene, vanntemperatur og antall fisk (Stien mfl. 2005). Grønt markert område viser utvandningsperioden i det aktuelle produksjonsområdet. Merk at årstallet på x-aksen er plassert midt i året.

Antall produserte luselarver viser generelt sett et lavt smittepress i hele perioden 2012 til 2021.



## 6. Utvikling over tid

I ekspertgruppens sitt mandat står følgende: «Rapporten skal legge vekt på tilstanden knyttet til årets overvåkning, og samtidig se sammenhengen med foregående år og vurdere eventuelle trender.». I 2020 gjorde vi vurdering av hva det er mulig å gjøre for å vurdere utvikling av påvirkning over tid. Vår konklusjon for 2021 er at vi kommer til de samme vurderingene i 2021 etter vi har oppdatert dataserien med et år til. Vi repeterer ikke hele argumentasjonen fra 2020, men gjentar konklusjonen som er:

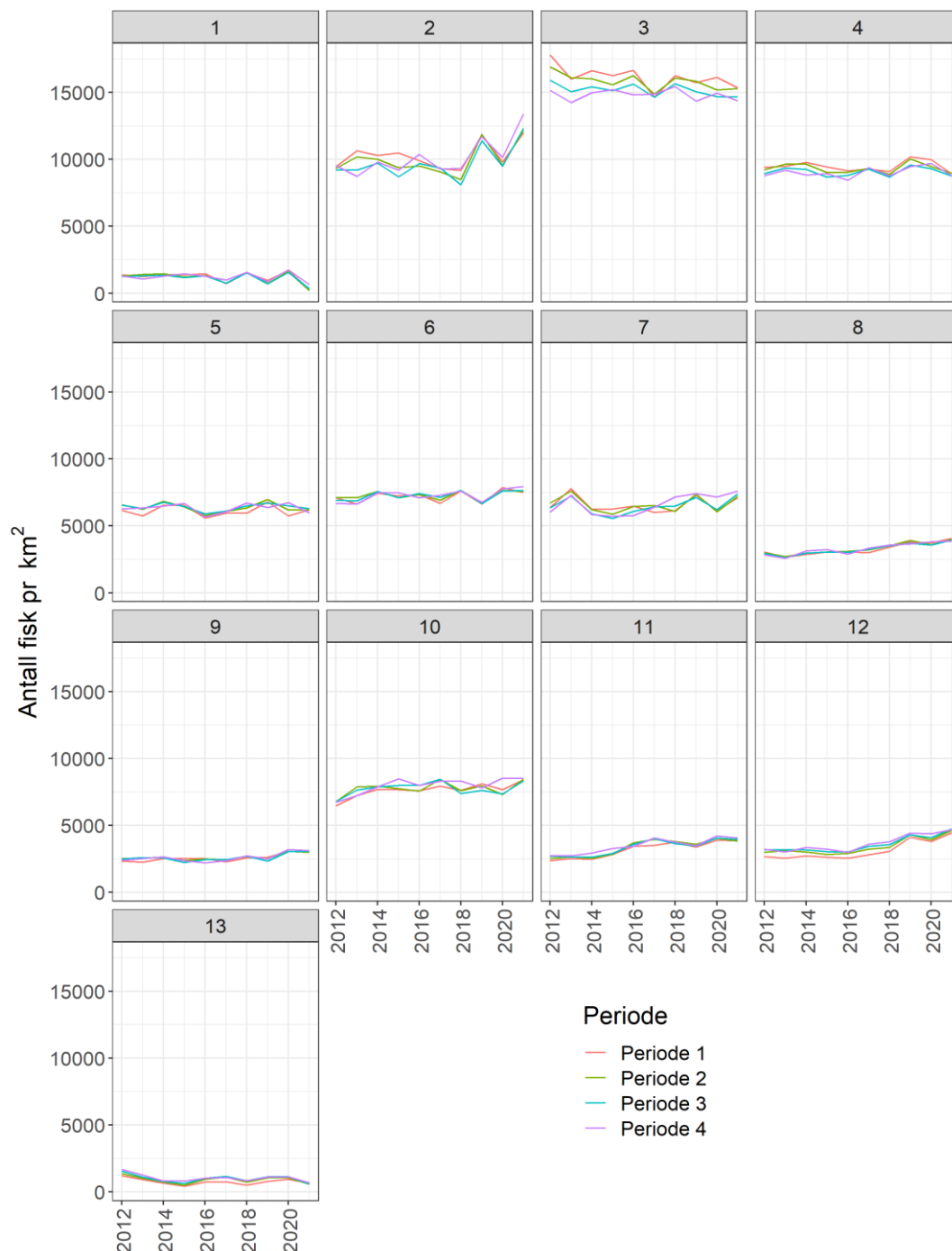
«I sum peker resultatene på at i områder med høy vertstetthet, kan lakselusindusert dødelighet av laks variere med mer enn en kategori fra år til år avhengig av biologiske, fysiske og geografiske forhold. Det er derfor nødvendig å se på resultater for flere år for å vurdere hvor stor lakselusindusert dødelighet som kan forventes i et PO (Tabell 17). Betydningen av å vurdere resultater over flere år understrekes av at koordinerte produksjonssykluser kan gi to-årige sykluser i smittepress (se neste avsnitt). Områder med lav vertstetthet har gjennomgående mer stabilt lave nivåer av lakselusindusert dødelighet.».

**Tabell 17** Ekspertgruppens hovedkonklusjoner for kategorisering av luseindusert villfiskdødelighet for utvandrende post-smolt av laks i alle produksjonsområder i perioden 2016-2021.

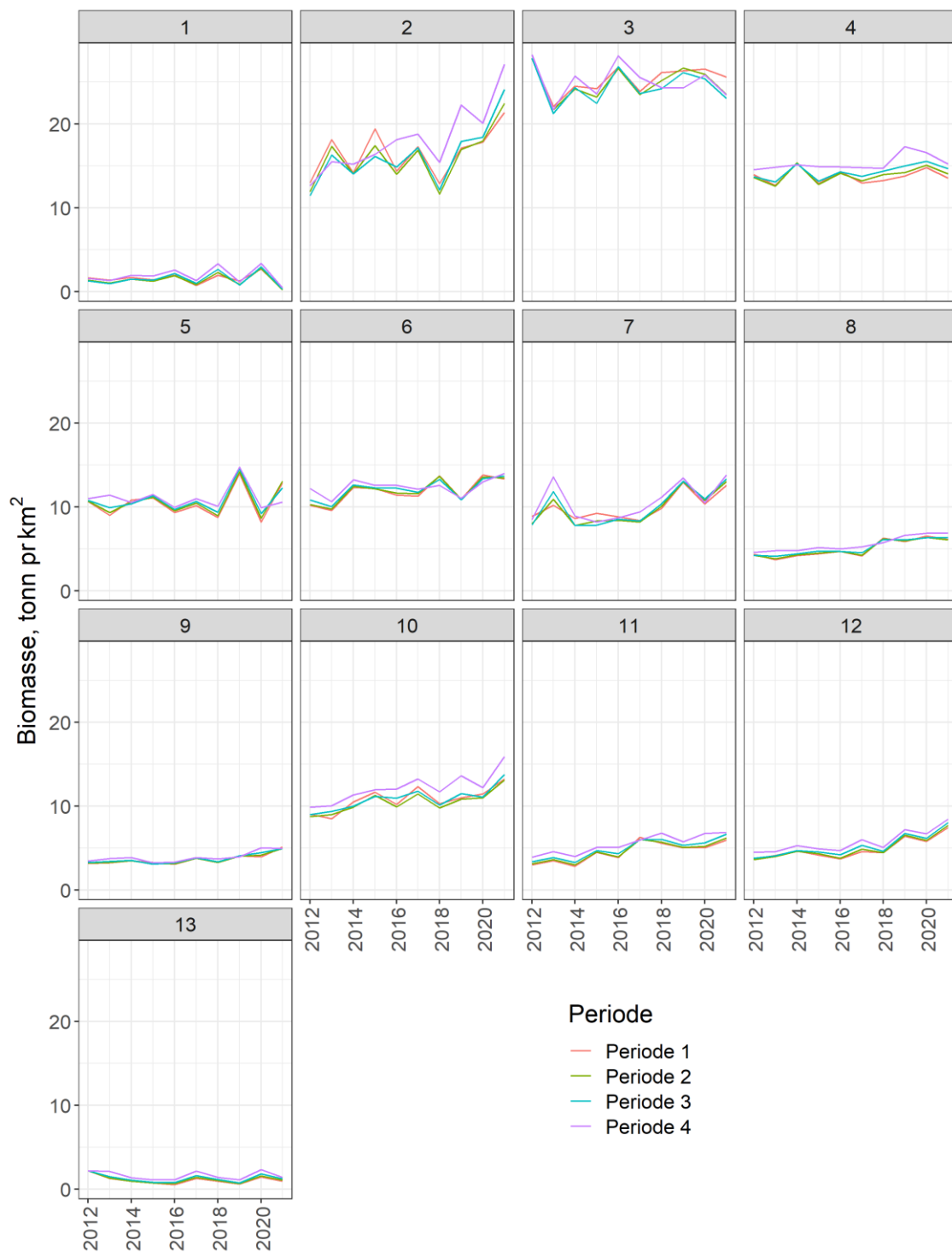
PO	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
2	Mod	Lav	Mod	Lav	Høy	Lav
3	Høy	Høy	Høy	Mod	Høy	Høy
4	Mod	Høy	Mod	Høy	Mod	Høy
5	Mod	Mod	Mod	Høy	Lav	Mod
6	Mod	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
7	Mod	Lav	Mod	Lav	Mod	Mod
8	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
9	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
10	Lav	Lav	Lav	Mod	Lav	Lav
11	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
12	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav
13	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav	Lav

### *Endring i biomasse og lusetall i hvert produksjonsområde*

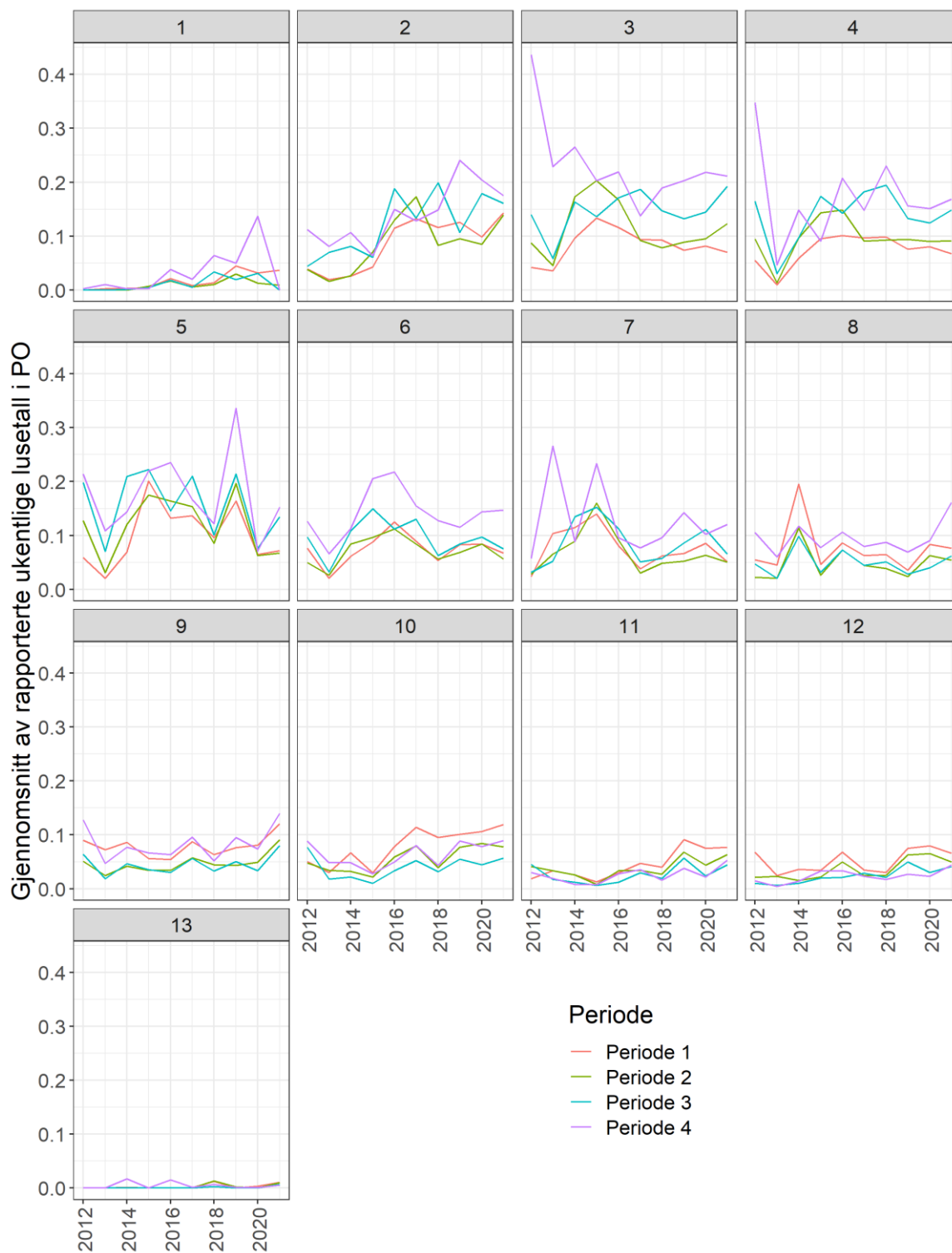
I rapporten fra 2020 var det også figurer som i mer detalj beskrev kildeleddet, altså antall oppdrettslaks, biomasse, snitt antall lus og totalt antall lus fra perioden 2012 til 2020. For å kunne sammenligne de forskjellige produksjonsområdene har vi delt disse tallene på antall kvadratkilometer innenfor grunnlinjen. I denne rapporten har vi oppdatert med et ekstra år for alle figurene (Figur 56-59). Som sist år ønsker vi å påpeke at det generelle bilde at oppdrettsintensiteten og smittepresset (eller antall hunnlus per areal) er som tidligere år høyest på Vestlandet, men at det de siste årene også er klare tegn til at lusetallene og biomassen er på vei opp i de nordlige områdene hvor man har svært lite overvåkningsdata på villfisk.



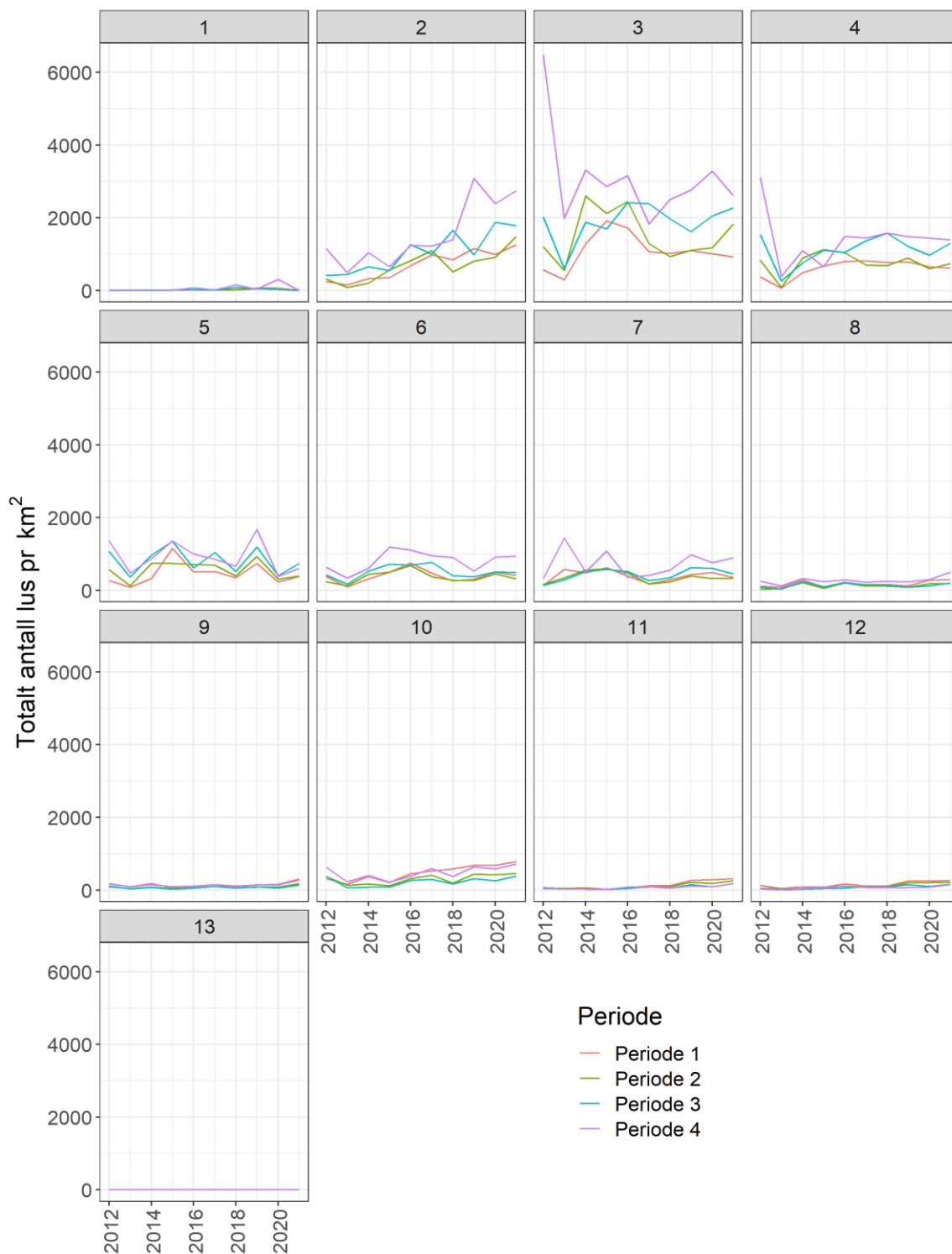
**Figur 56.** Totalt antall oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2021, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Antall fisk pr km<sup>2</sup> er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirektoratet via Altinn. Verdier for periode 4 for 2021 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden.



**Figur 57.** Biomasse oppdrettsfisk per kvadratkilometer sjøareal innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2021, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Biomasse pr  $\text{km}^2$  er vist som årlige gjennomsnitt i perioden. Data stammer fra rapporteringer til Fiskeridirektoratet via Altinn. Verdier for periode 4 for 2021 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden.



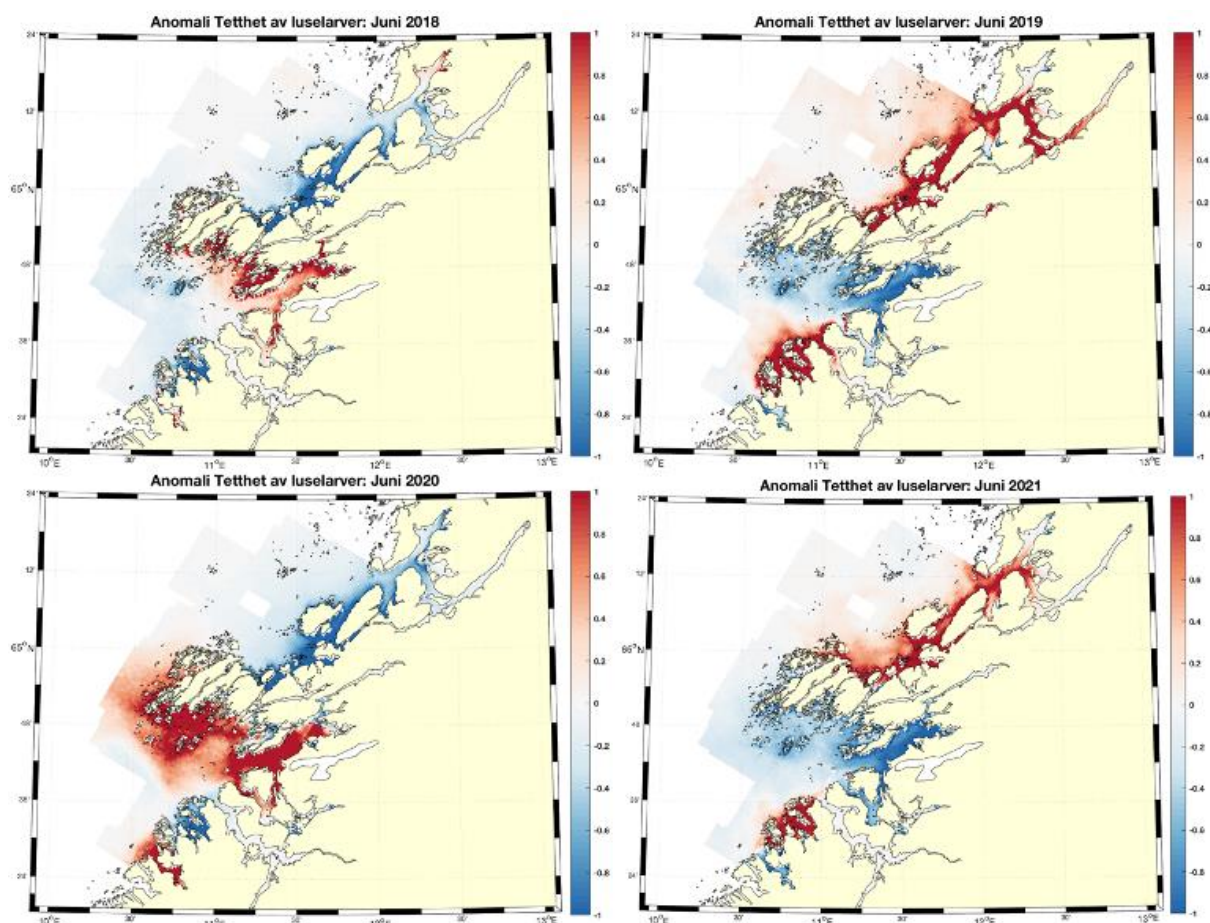
**Figur 18.** Snitt antall hunnlus per oppdrettsfisk i snitt per PO i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2021, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Gjennomsnitt av rapporterte lusetall (y-verdier) er gjennomsnitt av alle rapporterte lusesnitt for hver periode hvert år. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet. Verdier for periode 4 for 2021 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden



**Figur 59** Totalt antall hunnlus per kvadratkilometer innenfor grunnlinjen i hvert av de 13 POene fra 2012 til 2021, fordelt på 4 perioder. Periodene ble definert med utgangspunkt i uker for redusert grense for lakselus og tiltak etter luseforskriften (redusert lusegrense = 0,2 lus pr fisk). Periode 1 er ukene 16-20, der bare PO1-PO7 har redusert lusegrense, periode 2 er uke 21, der alle PO har redusert lusegrense, periode 3 er uke 22-26, der PO8-PO13 har redusert lusegrense, mens periode 4 er uke 27-31, der ingen PO har redusert lusegrense. Totalt antall hunnlus er produktet av rapporterte lusetall (gjennomsnitt) og rapportert antall fisk. Data stammer fra ukentlige rapporteringer til Mattilsynet og månedlige rapporteringer til Fiskeridirektoratet. Verdier for periode 4 for 2021 må tolkes forsiktig fordi disse verdiene reflekterer kun de første ukene av perioden.

*Mellomårsvariasjon i smittepress grunnet produksjonssykluser*

I 2020-rapporten ble det også påpekt at smittepresset varierer mellom år på grunn av den toårige syklusen til oppdrettsproduksjon og hvordan strukturen til hvor anlegg som er i andre og første år av produksjonssyklusen er plassert i et produksjonsområde. Her ble et anomalikart fra produksjonsområde 7 brukt for å vise denne dynamikken for de tre siste årene. I figur 60 har vi oppdatert denne figuren som styrker konklusjonen om en toårig syklus i smitteutbredelse. Ekspertgruppen står fremdeles ved konklusjonen fra i fjor som var: «Det er derfor ikke mulig å trekke en konklusjon om tilstanden i et PO har forbedret seg eller forverret seg hvis man kun ser på endringer i tilstand fra et år til et annet».



Figur 60 Anomali kart fra smittepressestimater fra Havforskningsinstituttets sin modell.

## 6. Litteratur

- 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 spredningsmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, notat SAMBA/15/16.
- Aldrin M., Jansen P.A. & Stryhn H. (2019). A partly stage-structured model for the abundance of salmon lice in salmonid farms. *Epidemics* 26: 9-22.
- Alver, M.O., Broch, O.J., Melle, W., Bagoien, E., Slagstad, D. (2016). Validation of an Eulerian population model for the marine copepod *Calanus finmarchicus* in the Norwegian Sea. *Journal of Marine Systems* 160: 81-93
- Anon. (2011). Vitenskapelig råd for lakseforvaltning Kvalitetsnormer for laks – anbefalinger til system for klassifisering av villaksbestander. *Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning* nr. 1. 105 s.
- Anon. (2013). Kvalitetsnorm for ville bestander av atlantisk laks (*Salmo salar*). Lovdata.no
- Anon. (2015). Meld. St. 16 (2014-2015). Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Regjeringen.no
- Anon. (2017a). Forskrift om produksjonsområder for akvakultur av matfisk i sjø av laks, ørret og regnbueørret (produksjonsområdeforskriften). FOR-2017-01-16-61. Lovdata.no
- Anon. (2017b). Status for norske laksebestander i 2017. *Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning*, nr.10, 152 s.
- Anon. (2019). Status for norske laksebestander i 2019. *Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning* nr. 12, 126 s.
- 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.
- Asplin, L., Albretsen, J., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D. (2020). The hydrodynamic foundation for salmon lice dispersion modeling along the Norwegian coast. *Ocean Dynamics* 70: 1151-1167
- Barlaup, B. T., Gabrielsen, S-E., Løyland, J., Schlappy, M-L., Wiers, T., Vollsett, 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.
- Bjerck, H. B., Urke, H. A., Haugen, T. O., Alfredsen, J. A., Ulvund, J. B., & Kristensen, T. (2021). Synchrony and multimodality in the timing of Atlantic salmon smolt migration in two Norwegian fjords. *Scientific reports*, 11(1), 1-14.
- Bjørn, P.A. & Finstad, B. (1997). The physiological effects of salmon lice infection on sea trout post smolts. *Nordic Journal of Freshwater Research* 73: 60-72.
- Bjørn, P.A., Finstad, B., Asplin, L., Skilbrei, O., Nilsen, R., Serra-Llinares, R.M. & Boxaspen, K.K. (2011). Metodeutvikling for overvåking og telling av lakselus på viltlevende laksefisk. *Rapport fra Havforskningen* 8-2011, 58 s.

- Broch, O.J., Daae, R.L., Ellingsen, I.H., Nepstad, R., Bendiksen, E.Å., Reed, J.L., Senneset, G. (2017). Spatiotemporal dispersal and deposition of fish farm wastes: A model study from central Norway. *Frontiers in Marine Sciences* 4: 199.
- Brooker, A.J., Skern-Mauritzen, R. & Bron, J.E. (2018). Production, mortality, and infectivity of planktonic larval sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837): current knowledge and implications for epidemiological modelling. *ICES Journal of Marine Science* 75: 1214-1234.
- Bui, S., Dempster, T., Remen, M. & Oppedal, F. (2016). Effect of ectoparasite infestation density and lifehistory stages on the swimming performance of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 387-395.
- Chaput, G., Carr, J., Daniels, J., Tinker, S., Jonsen, I. & Whoriskey, F. (2018). Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt and early post-smolt migration and survival inferred from multi-year and multi-stock acoustic telemetry studies in the Gulf of St. Lawrence, northwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 76: 1107-1121.
- Crosbie, T., Wright, D.W., Oppedal, F., Johnsen, I.A., Samsing, F. & Dempster, T. (2019). Effects of step salinity gradients on salmon lice larvae behavior and dispersal. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 181-190.
- Dalvin, S. & Oppedal, F. (2019). Utvikling av lakselus ved ulike temperatur og lys – TEMPLUS. *Rapport fra Havforskningen* 2019-13.
- Dawson, L.H.J., Pike, A.W., Houlihan, D.F. & McVicar, A.H. (1997). Comparison of the susceptibility of sea trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)) infections. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1129-1139.
- Dempster, T., Overton, K., Bui, S., Stien, L. H., Oppedal, F., Karlsen, Ø., Coates, A., Phillips, B.L. & Barrett, L.T. (2021). Farmed salmonids drive the abundance, ecology and evolution of parasitic salmon lice in Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 13: 237-248.
- Dohoo, I., Martin, W. & Stryhn, H. (2010). *Veterinary Epidemiologic Research*. 865 s.
- Drenner, S.M., Clark, T.D., Whitney, C.K., Martins, E.G., Cooke, S.J. & Hinch, S.G. (2012). A Synthesis of Tagging Studies Examining the Behaviour and Survival of Anadromous Salmonids in Marine Environments. *PLOS ONE* 7, e31311
- Elvik, K.M.S. (2016). Posterpresentasjon på Sea Lice conference, 26-28th September, Westport, Ireland.
- 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.
- Fjørtoft, H.B., Besnier, F., Stene, A., Nilsen, F., Bjørn, P.A., Tveten, A.-K., Finstad, B., Aspehaug, V. & Glover, K.A. (2017). The Phe362Tyr mutation conveying resistance to organophosphates occurs in high frequencies in salmon lice collected from wild salmon and trout. *Scientific Reports* 7, 14258.
- Fjørtoft, H.B., Nilsen, F., Besnier, F., Stene, A., Bjørn, P. A., Tveten, A.K., Aspehaug, V.T., Finstad, B. & Glover, K.A. (2019). Salmon lice sampled from wild Atlantic salmon and



- sea trout throughout Norway display high frequencies of the genotype associated with pyrethroid resistance. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 459-468.
- Fossberg, J., Forbord, S., Broch, O. J., Malzahn, A., Jansen, H., Handå, A., Førde, H., Bergvik, M., Fleddum, A.L., Skjermo, J. & Olsen, Y. (2018). The potential for upscaling of kelp (*Saccharina latissima*) cultivation in salmon-driven integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) *Frontiers in Marine Sciences* 5: 418.
- Gregory, S. D., Ibbotson, A. T., Riley, W. D., Nevoux, M., Lauridsen, Rasmus B., Russell, I. C., Britton, J. R., Gillingham, P. K., Simmons, Olivia M., and Rivot, E. (2019). Atlantic salmon return rate increases with smolt length. *ICES Journal of Marine Science*, 76: 1702– 1712
- Grøn, H.H. (2016). Comparison of gillnet and trap in relation to retention of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*), size selection of sea trout (*Salmo trutta*) and catch efficiency. - Comparing the two most used fishing gear in National Salmon lice monitoring Program. Master, Universitetet i Tromsø.
- Hamre, L. A., Bui, S., Oppedal, F., Skern-Mauritzen, R. & Dalvin, S. (2019). Development of the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* parasitic stages in temperatures ranging from 3 to 24°C. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 429-443.
- Harvey, A. C., Quintela, M., Glover, K. A., Karlsen, Ø., Nilsen, R., Skaala, Ø., Sægvog, H., Kålås, S., Knutar, S. & Wennevik, V. (2019). Inferring Atlantic salmon post-smolt migration patterns using genetic assignment. *Royal Society Open Science* 6, 190426.
- Heuch, P.A. (1995). Experimental Evidence for Aggregation of Salmon Louse Copepodids (*Lepeophtheirus Salmonis*) in Step Salinity Gradients. *Journal of Marine Biological Association UK*. 75: 927-939.
- Heuch, P.A. & Mo, T.A. (2001). A model of salmon louse production in Norway: Effects of increasing salmon production and public management measures. *Diseases of Aquatic Organisms* 45: 145-152.
- Holst, J.C. & McDonald, A. (2000). FISH-LIFT: a device for sampling live fish with trawls. *Fisheries Research* 48: 87-91.
- Hulbak, M., Hanssen, E.M., Lennox, R.J., Salvanes, A.G.V., Barlaup, B., Gharbi, N., Nilsen, T.O. & Vollset, K.W. (2021). Validating timing of salmon smolt runs obtained by telemetry studies. *Fisheries Management and Ecology* 28: 428-436.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S. & Drumm, A. (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.
- Jansen, P.A., Kristoffersen, A.B., Viljugrein, H., Jimenez, D., Aldrin, M. & Stien, A. (2012). Sea lice as a density-dependent constraint to salmonid farming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279: 2330-2338.
- Jansen, H.M., Broch, O.J., Bannister, R., Cranford, P., Handå, A., Husa, V., Jiang, V., Strohmeier, T., Strand, Ø. (2018). Spatio-temporal dynamics in the dissolved nutrient waste plume from Norwegian salmon cage aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 10: 385-399.

- Johnsen, I.A., Fiksen, O., 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.
- 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.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sandvik, A.D., Wennevik, V., Ådlandsvik, B., Karlsen, Ø. (2018). Estimert luserelatert dødelighet hos postsmolt som vandrer ut fra norske lakseelver 2012-2017. *Rapport fra Havforskningen* 28-2018, 59 s.
- Johnsen, I.A., Harvey, A., Sævik, P. N., Sandvik, A.D., Ugedal, O., Ådlandsvik, B., Wennevik, V., Glover, K.A., Karlsen Ø. (2021). Salmon lice induced mortality of Atlantic salmon during post-smolt migration in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, 78(1): 142-154.
- Jonsson, B., Jonsson, M. & Jonsson, N. (2017). Influence of migration phenology on survival are size dependent in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Zoology* 95: 581-587.
- 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.
- 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.
- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Helgesen, K.O., Vollset, K.W., Viljugrein, H., Jansen, P.A. (2018). Quantitative risk assessment of salmon louse-induced mortality of seaward-migrating post-smolt Atlantic salmon. *Epidemics* 23: 19-33.
- Krkošek, M., Connors, B. M., Ford, H., Peacock, S., Mages, P., Ford, J. S., Morton, A. mfl. (2011). Fish farms, parasites, and predators: implications for salmon population dynamics. *Ecological Applications* 21: 897-914.
- Krkošek, M., Revie, C.W., Gargan, P.G., Skilbrei, O.T., Finstad, B. & Todd, C.D. (2013). Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 280.
- Mastrandrea, M.D., Field, C.B., Stocker, T.F., Edenhofer, O., Ebi, K.L., Frame, D.J., Held, H., Kriegler, E., Mach, K.J., Matschoss, P.R., Plattner, G.-K., Yohe G.W. & Zwiers, F.W. (2010). Guidance Note for Lead Authors of the IPCC Fifth Assessment Report on Consistent Treatment of Uncertainties. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Available at <<http://www.ipcc.ch>>.
- Melsom, A., Skarðhamar, J. & Ådlandsvik, B. (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system – from physics to fish. *PLoS ONE*, 13(7)
- Miller, K.M., Teffer, A., Tucker, S., Li, S., Schulze, A.D., Trudel, M., Juanes, F., Tabata, A., Kaukinen, K.H., Ginther, N.G., Ming, T.J., Cooke, S. J., Hipfner, J M., Patterson D.A., & Hinch S.G. (2014). Infectious disease, shifting climates, and opportunistic predators: cumulative factors potentially impacting wild salmon declines. *Evolutionary Applications* 7(7): 812-855.

- Mork, K.A., Gilbey, J., Hansen, L. P., Jensen, A. J., Jacobsen, J.A., Holm, M., Holst, J.C., Ó Maoiléidigh, N., Vikebø, F., McGinnity, P., Melle, W., Thomas, K., Verspoor, E. & Wennevik, V. (2012). Modelling the migration of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the Northeast Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1616-1624.
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Kristensen, N.M., Melsom A, Skardhamar J, Ådlandsvik B (2018). Evaluation of a national operational salmon lice monitoring system—From physics to fish. *PLoS One* 13: e0201338.
- Myksvoll, M.S., Asplin, L., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Ådlandsvik, B., Albretsen, J., Skarðhamar, J. (2018). Modelling salmon lice copepodids along the Norwegian coast – comparing old and new particle tracking models. *Rapport fra Havforskningen* 39-2018, 26 s.
- Myksvoll, M.S., Sandvik, A.D., Johnsen, I.A, Skarðhamar, J. & Albretsen, J. (2020). Impact of variable physical conditions and future increased aquaculture production on lice infestation pressure and its sustainability in Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 12: 193–204.
- Nilsen, F., Ellingsen, I., Finstad, B., Jansen, P.A., Karlsen, Ø., Kristoffersen, A.B., Sandvik, A.D., Sægrov, H., Ugedal, O., Vollset, K.W., Myksvoll, M.S. (2017). Vurdering av lakselusindustert villfiskdødelighet per produksjonsområde. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.
- Penston, M. J. & Davies, I.M. (2009). An assessment of salmon farms and wild salmonids as sources of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) copepodids in the water column in Loch Torridon, Scotland. *Journal of Fish Diseases* 32(1): 75-88.
- Peterson, I. & Wroblewski, J. (1984). Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 1117-1120.
- Plantalech Manel-la, N., Thorstad, E.B., Davidsen, J.G., Økland, F., Sivertsgård, R., McKinley, R.S. & Finstad, B. (2009). Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16: 147-154.
- Sandvik, A. D., Bjørn, P. A., Ådlandsvik, B., Asplin, L., Skardhamar, J., Johnsen, I. A., Myksvoll, M., Skogen, M. D. (2016). Toward a model-based prediction system for salmon lice infestation pressure. *Aquaculture Environmental Interactions* 8: 527-542.
- Sandvik, A. D., Bui, S., Huserbråten, M., Karlsen, Ø., Myksvoll, M. S., Ådlandsvik, B. & Johnsen, I. A. (2021). The development of a sustainability assessment indicator and its response to management changes as derived from salmon lice dispersal modelling. *ICES Journal of Marine Science* 78: 1781-1792.
- Sandvik, A.D., Johnsen, I.A., Myksvoll, M.S., Sævik, P.N. & Skogen, M.D. (2020). Prediction of the salmon lice infestation pressure in a Norwegian fjord. *ICES Journal of Marine Science* 77: 746-756.
- 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.

- Shephard, S., MacIntyre, C. & Gargan, P. (2016). Aquaculture and environmental drivers of salmon lice infestation and body condition in sea trout. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 597-610.
- Skardhamar, J., Albretsen, J., Sandvik, A.D., Lien, V.S., Myksvoll, M.S., Johnsen, I.A., Asplin, L., Ådlandsvik, B., Halttunen, E., Bjørn, P.A. (2018). Modelled salmon lice dispersion and infestation patterns in a sub-arctic fjord. *ICES Journal of Marine Sciences* 75: 1733-1747.
- 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 Progress Series* 290: 263-275.
- Stige, L.C., Helgesen, K.O., Viljugrein, H., Qviller, L. (2021). A statistical mechanistic approach including temperature and salinity effects to improve salmon lice modelling of infestation pressure. *Aquaculture Environment Interactions* 13: 339-361. <https://doi.org/10.3354/aei00410>
- Svåsand, T., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L. & Boxaspen, K.K. (2016). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. *Fisken og Havet* 2-2016, 190 s.
- Taranger, G.L., Svåsand, T., Madhun, A.S. & Boxaspen, K.K. (2011). Risikovurdering miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2010. *Fisken og Havet* 3-2010, 93 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 villevende laksefiskbestander. *Fisken og Havet* 13-2012, *Veterinærinstituttets rapportserie* 7-2012.
- 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 Journal of Marine Sciences* 72: 997-1021.
- Thorstad, E.B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A.H. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. *Journal of Fish Biology* 81: 500-542.
- Urke, H.A., Kristensen, T. & Ulvund, J.B. (2015). Oppholdstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lardalselvi 2014. *INAQ AS 1393*, 19 s.
- Urke, H.A., Kristensen, T., Arnekleiv, J.V., Haugen, T.O., Kjærstad, G., Stefansson, S.O., Ebbesson, L.O. E. & Nilsen, T.O. (2013). Seawater tolerance and post-smolt migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* × brown trout *S. trutta* hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82: 206-227.
- Urke, H., Kristensen, T., Ulvund, J.B. & Alfredsen, J.A. (2013). Riverine and fjord migration of wild and hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 20: 544-552.
- Vollset, K.W. (2019). Parasite induced mortality is context dependent in Atlantic salmon: insights from an individual-based model. *Scientific reports*, 9(1), 1-15.

- Vollset, K.W., Krontveit, R.I., Jansen, P.A., Finstad, B., Barlaup, B.T., Skilbrei, O.T., Krkošek, M., mfl. (2015). Impacts of parasites on marine survival of Atlantic salmon: a meta-analysis. *Fish and Fisheries* 17: 714-730.
- Vollset, K.W., Halttunen, E., Finstad, B., Karlsen, Ø., Bjørn, P.A., Dohoo, I. (2017). Salmon lice infestations on sea trout predicts infestations on migrating salmon post-smolts. *ICES Journal of Marine Science* 74: 2354-2363.
- Vollset, K.W., Qviller, L., Skår, B., Barlaup, B. T., & Dohoo, I. (2018). Parasitic sea louse infestations on wild sea trout: separating the roles of fish farms and temperature. *Parasites & vectors* 11(1), 609.
- Vollset, K.W., Barlaup, B.T., & Friedland, K.D. (2019). Context-dependent impact of an ectoparasite on early marine growth in Atlantic salmon. *Aquaculture* 507: 266-274.
- Wagner, G.N., McKinley, R.S., Bjørn, P.A. & Finstad, B. (2003). Physiological impact of sea lice on swimming performance of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 62: 1000-1009.
- Wagner, G.N., Fast, M.D. & Johnson, S.C. (2008). Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends in Parasitology* 24: 176-183.
- Ådlandsvik, B., (2015). Forslag til produksjonsområder i norsk lakse- og ørretoppdrett. *Rapport fra Havforskningen* 20-2015, 59 s.

## 7. Appendiks

Appendiks I: Oversikt over laksevassdrag og utvandringstidspunkt for smolt

Appendiks II: NALO

Appendiks III: Fysisk miljø 2021

Appendiks IV: HI modell (HI)

Appendiks V: Veterinærinstituttets risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet for villaks for 2021

Appendiks VI: Simulert luseindusert dødelighet på virtuell smolt i produksjonsområde 2 til 7 ved bruk av SINMOD (SINTEF)

Appendix VII: Skjema for vurdering