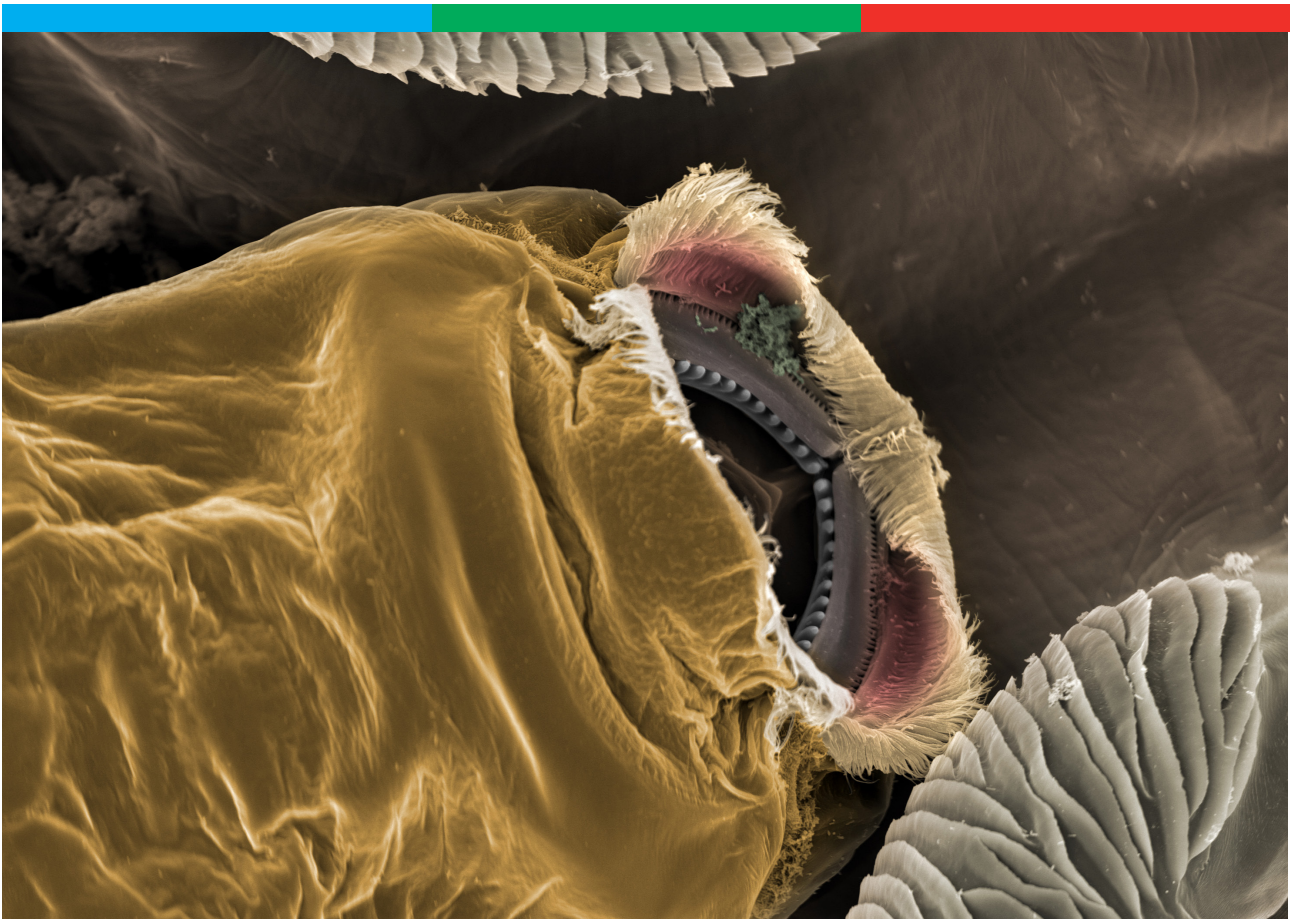




Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2023



Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2023

Forfattere

Leif Christian Stige, Kari Olli Helgesen og Lars Qviller

Forslag til sitering

Stige, L.C., Helgesen, K.O., Qviller, L. 2023. Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2023. Veterinærinstituttet. VI rapport 32/2023.

© Veterinærinstituttet, kopiering tillatt når kilde gjengis

Publisert

2023 på www.vetinst.no

ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave)

© Veterinærinstituttet 2023

Oppdragsgiver eller Samarbeidspartner

Nærings- og fiskeridepartementet

Kolofon

Design omslag: Reine Linjer

Foto forside: Munnen på en voksen lakselus (Jannicke Wiik-Nielsen, Veterinærinstituttet)

www.vetinst.no

Innhold

Sammendrag	3
Innledning	4
Modellbeskrivelse	5
Smittepress	5
Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på postsmolt	6
Samsvar mellom modellprediksjoner og observasjoner av lus på postsmolt	8
Beregning av lusepåslag og luseindusert dødelighet på utvandrende laksepostsmolt	9
Sensitivitetsanalyser	11
Heterogenitetsberegninger	11
Endringer fra fjorårets trafikklysanalyser	12
Vurdering av status i produksjonsområdene	14
Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren	16
Produksjonsområde 2: Ryfylke	18
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	20
Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt	22
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	24
Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag	26
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	28
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø	30
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen	32
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	34
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa	36
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	38
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	40
Tidstrender	42
Diskusjon	44
Tallfestingen av usikkerhet	44
Områder med mer eller mindre lakselus enn forventet utfra smittepresset	45
Sensitivitet for modellantakelser	46
Konklusjon	47
Referanser	48
Vedlegg 1. Vassdragstabell	51
Vedlegg 2. PO-tabell	52

Sammendrag

I produksjonsområdeforskriften fra 2017 blir det beskrevet hvordan oppdrettsintensiteten i 13 definerte produksjonsområder skal reguleres etter estimert miljøpåvirkning fra oppdrettsnæringa. I første omgang gjelder dette påvirkningen på vill laksefisk i form av dødelighet som følge av lakselus som reproduserer i oppdrettslokaliteter (lakselusindusert dødelighet). Vi beskriver her en modell for kvantitativ vurdering av risiko (risikomodell) for at utvandrende vill postmolt av laks fra norske vassdrag dør, som direkte følge av påslag av lakselus produsert i oppdrettsanlegg. Risikomodellen er sammensatt, og følger en kjede av skisserte hendelser, fra smitteproduksjon i oppdrett til luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt. Videre presenteres beregnet lusepåslag og luseindusert dødelighet for i alt 401 vassdrag over årene 2012 - 2023. Modellen er utarbeidet som innspill til Ekspertgruppen, nedsatt for perioden 2022 og 2023, med mandat blant annet til å vurdere lakselusindusert dødelighet på vill laksepostsmolt i 13 produksjonsområder.

Modellresultatene tilsier at lakselusindusert dødelighet i 2023 var over 30 prosent i produksjonsområde 3 og 4, mellom 10 og 30 prosent i produksjonsområde 2, 5 og 6 og under 10 prosent i de resterende produksjonsområdene. Det er imidlertid beregnet stor usikkerhet i dødelighetsestimatene for mange av produksjonsområdene, og dermed blir det knyttet stor usikkerhet til konklusjonene man trekker fra risikomodellen i disse områdene. Usikkerheten har sammenheng med at observasjoner av lusenivåer på postsmolt viser store variasjoner mellom år og produksjonsområder som ikke kan forklares av variasjoner i smittepress. Usikkerheten er imidlertid mindre for produksjonsområder der det fins observasjoner av lusenivåer på postsmolt, som gjør at lusenivået kan justeres til årets observasjoner. Usikkerheten er også mindre når det gjelder gjennomsnittlig dødelighetsnivå sett over flere år, selv om dødeligheten for enkeltår er vanskelig å forutsi. For de fleste produksjonsområdene med observasjoner av postsmolt over flere år, fordeler lusenivået i observasjonene seg jevnt rundt modellprediksjonene. Unntak er produksjonsområde 3 og 4, der lusenivået observert på postsmolt generelt er høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi.

Modellen er oppdatert siden fjorårets trafikklysanalyser ved at påslagsmodellen som beskriver sammenhengen mellom det kalkulerede smittepresset og antall lus på laksesmolten er oppdatert med nye data. Det er også noen endringer i dataene som inngår i beregningen av smittepress. Reestimering av lakselusindusert dødelighet for årene 2012-2022 viser ingen store endringer fra resultatene rapportert i 2022. Nytt i årets rapport er også at den inkluderer resultater som kaster lys over hvordan heterogenitet i dødelighet innenfor et produksjonsområde slår ut for sårbare og viktige bestander.

Beregningene er sensitive for mange av antakelsene i det skisserte hendelsesforløpet i risikomodellen; er antagelsene feil, påvirker det resultatene. Dette gjelder spesielt for antakelser knyttet til postsmoltens tålegrenser for lakselus, utvandringstider og vandringsruter fra elv til hav. Årets rapport inneholder oppdaterte sensitivitetsanalyser for antakelsene om postsmoltens tålegrenser og utvandringstider. Det er også usikkerhet knyttet til hvor godt tråldataene representerer den samlede populasjonen av utvandrende vill laksepostsmolt. Selv om de absolutte modellresultatene er beheftet med store usikkerheter, gir resultatene god forståelse av lakselusindusert dødelighet i tid og rom, og er dermed med på å oppfylle mandatet til Ekspertgruppen.

Innledning

Produksjonsområdeforskriften fra 2017 (FOR-2017-01-16-61) deler kysten inn i 13 produksjonsområder, og definerer at den påvirkningen som lakselus har på vill laksefisk skal være den viktigste bærekraftsindikatoren. Det innebærer påvirkning i form av dødelighet på utvandrende postsmolt av laks, førstegangsutvandrende postsmolt av sjøørret og sjørøye, og på beitende flergangsutvandrende sjøørret og -røye, som er forårsaket av smitte med lakselus fra oppdrettsanlegg (lakselusindusert dødelighet).

Denne rapporten dokumenterer Veterinærinstituttets innspill til den såkalte Ekspertgruppen. Ekspertgruppen ble nedsatt av en styringsgruppe, som selv ble nedsatt av Nærings- og fiskeridepartementet, begge for perioden 2022-2023. Ekspertgruppens hovedmandat er å vurdere lakselusindusert dødelighet på villaks i de 13 produksjonsområdene. Veterinærinstituttets innspill er basert på en modell for kvantifisering av risiko (risikomodell) for lusepåslag og luseindusert dødelighet hos utvandrende vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag. Risikomodellen beskrives i Kristoffersen mfl. 2018 og Stige mfl. 2022b. Hovedelementene som inngår i risikomodellen er først data om vassdragene, herunder beregnet potensial for produksjon av smolt og utvandringstider, opparbeidet av NINA (Forseth mfl. 2017, Ugedal mfl. 2019, Vollset mfl. 2021a); deretter lusepåslagsdata fra postsmolttråling og burforsøk gjennomført i regi av Nasjonalt overvåkingsprogram for lakselus på vill laksefisk (Nilsen mfl. 2022); videre beregnet smittepress fra oppdrett basert på Veterinærinstituttets avstandsbaserte smittepressmodell (Kristoffersen mfl. 2014, Stige mfl. 2021); og endelig antatt sammenheng mellom lusesmitte og dødelighet hos vill laksepostsmolt (Taranger mfl. 2015).

Risikomodellen er i størst mulig grad utledet fra empiriske data. Dette gjelder alle prosesser som inngår i kjeden av skisserte hendelser, fra smitteproduksjon i oppdrett til luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt. Imidlertid er store deler av den beskrevne hendelseskjeden i risikomodellen beheftet med store usikkerheter og få observasjoner, slik at man må foreta en rekke antakelser om hvordan gitte prosesser foregår. Av kritiske antakelser, som kan ha stor påvirkning på resultatene, kan nevnes at forekomsten av lakselus på vill laksepostsmolt fanget i trål er representativt for lusepåslaget på den samlede populasjonen av utvandrende vill laksepostsmolt. Videre antas at den ville laksepostsmolten vandrer ut korteste rute fra vassdragsutløp i sjø til hav, med en gitt vandringshastighet og til en kjent tid. Endelig antar vi at et gitt påslag av lus på den ville laksepostsmolten fører til overdødelighet av postsmolten med en gitt sannsynlighet.

Modellbeskrivelse

Risikomodellen omfatter en kjede av hendelser/prosesser som starter med produksjon av lakselusnauplier (larver) på fisk i oppdrett. Disse spres så pelagisk rundt i kystnære farvann. Larvene utvikler seg gjennom to stadier til smittsomme kopepoditter i henhold til temperaturavhengige utviklingsrater (Stien mfl. 2005, Samsing mfl. 2016, Samsing mfl. 2018, Hamre mfl. 2019). Utvandrende vill laksepostmolt utsettes for disse smittsomme kopepodittene under sin vandring fra elveutløpene til oppvekstområdene i havet, og kontakt mellom postsmolt og kopepoditter resulterer i at kopepoditter fester seg (påslag). Påslaget i modellen beregnes gjennom en regresjonsmodell som sammenligner modellert smittepress og forekomsten av lakselus på vill laksepostsmolt fanget i trål. Regresjonsmodellen bruker også lakselusdata fra kultivert laksepostmolt i såkalte «smoltbur» for å få bedre tallfesting av hvordan lusepåslaget varierer i tid og rom. Endelig vil et påslag av en gitt størrelsesorden medføre en overdødelighet hos laksepostsmolten. Modellen er beskrevet i detalj i Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2021 og Stige mfl. 2022b. Sensitivitetsanalyser for ulike antakelser som styrer prosessene i risikomodellen finnes i Kristoffersen mfl. 2018 og Stige mfl. 2022b. Oppdaterte sensitivitetsanalyser og endringer i modellforutsetninger fra fjorårets trafikklysarbeid er beskrevet i et egne avsnitt.

Smittepress

Veterinærinstituttets deterministiske modell for produksjon og spredning av lakselus (smittepressmodellen) gir et mål på smittepress i form av intensitet av smittsomme stadier av lakseluslarver langs kysten. Bakgrunnsdata for modellen er innrapporterte forekomster av kjønnsmodne hunnlus i oppdrettslokaliteter, vanntemperatur og avstand til alle oppdrettsanlegg (Kristoffersen mfl. 2014). Modellen har vært brukt til å beregne påslag av lakselus på fisk i oppdrettsanlegg og på forsøksfisk som settes i smoltbur på gitt sted over et gitt tidsrom (Kristoffersen mfl. 2014; Aldrin 2016). Den kan også beregne lusepåslag på villfisk under forutsetning av at man vet hvor fisken oppholder seg til enhver tid.

Ukentlig rapporterte overvåkingsdata fra oppdrettsanlegg brukes til å beregne produksjon av lakselusnauplier fra de enkelte lokalitetene. Produksjonsdelen av modellen bruker antall laks og gjennomsnittlig antall kjønnsmodne hunnlus per fisk på hver oppdrettslokalitet, samt vanntemperaturer i en populasjonsdynamisk modell for å beregne reproduksjon og overlevelse av neste generasjon lakselus (Stien mfl. 2005, Stige mfl. 2021).

Spredningsdelen av modellen er en funksjon for hvordan antall lakseluslarver produsert i en lokalitet avtar med avstand fra denne kildelokaliteten (Aldrin mfl. 2019). Smittepresset for et gitt punkt i vannet tilsvarer summen av smittepress fra alle de omkringliggende kildelokalitetene. Smittepresset blir tidsforskjøvet for å ta hensyn til utviklingstid fram til det infektive kopepodittstadiet. Utviklingstidene avhenger av sjøtemperaturen, og beregningen tar også hensyn til dødelighet for de pelagiske utviklingsstadiene for lus. Smittepresset presenteres i form av smittepresskart, som er rasterkart med 100x100 m pikselstørrelse. For mer detaljert beskrivelse av beregningen av smittepress, se Kristoffersen mfl. 2014 og Stige mfl. 2021.

Smittepressmodellen ble oppdatert i 2021 på bakgrunn av ny kunnskap om hvordan smittetrykket avtar med avstanden fra smittetilstandene, og hvordan sjøtemperaturen påvirker produksjonen av lakseluslarver og lakseluslarvenes evne til å feste seg på postsmolten (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 nye funksjoner for hvordan larvenes utviklingstid avhenger av temperaturen (likninger 11a og 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 (likninger 3c i Stige mfl. 2021) og luselarvenes evne til å feste seg på laksepostsmolten (likning 13a i Stige mfl. 2021). Dette er endringer i modellforutsetninger som i en systematisk uttesting ga bedre prediksjoner av lusemengden på postsmolt i smoltburforsøk (Stige mfl. 2021).

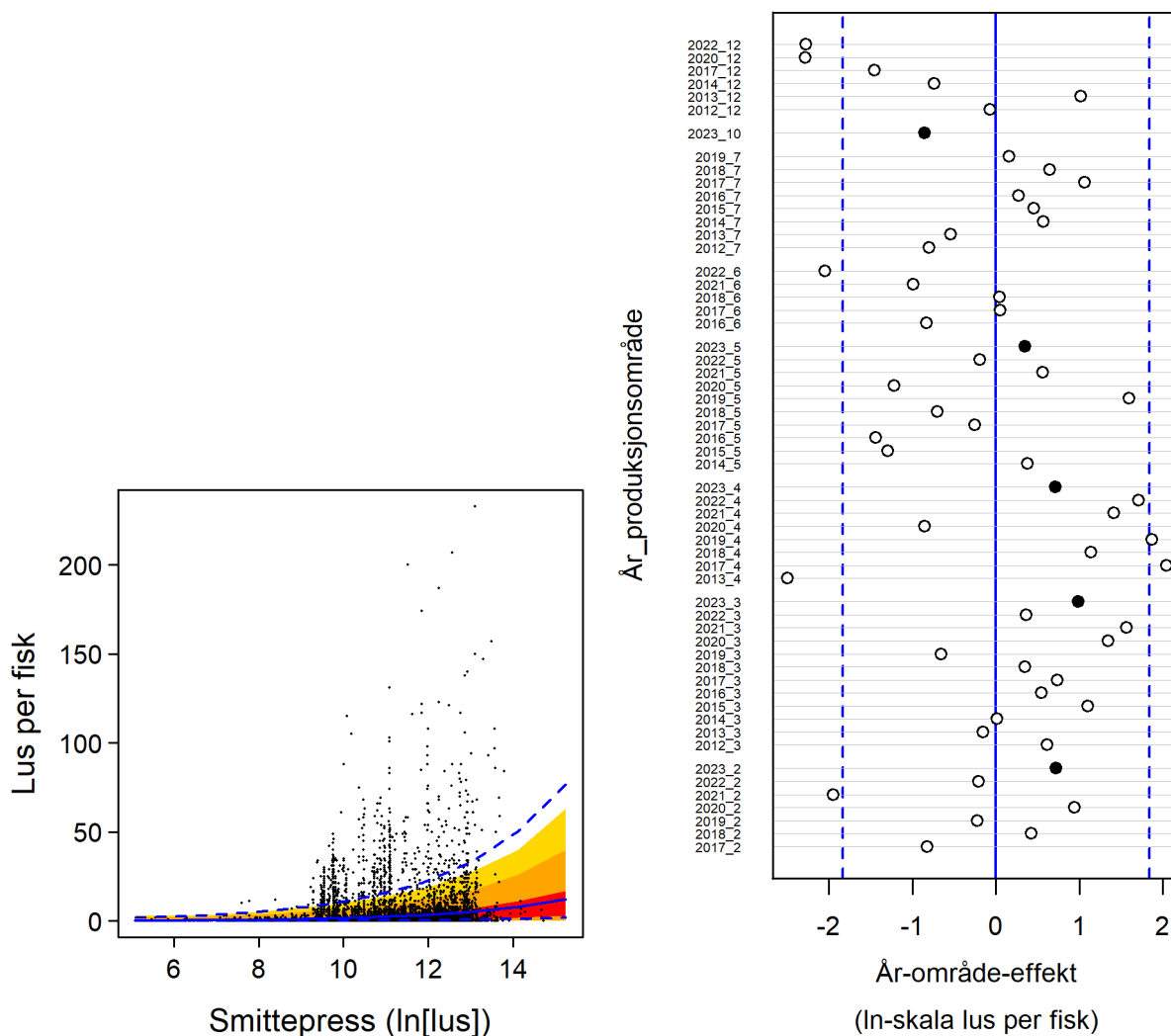
Smittepressmodellen er validert gjentatte ganger, og de relativt sterke korrelasjonene mellom beregnet smittepress og lusepåslag på fisk, både i oppdrett og i smoltbur, viser at forutsetningene som ligger til grunn for modellen er rimelige (Kristoffersen mfl. 2014; Aldrin 2016, Kristoffersen mfl. 2017a, Kristoffersen mfl. 2017b, Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2021, Stige mfl. 2022b).

Sammenhengen mellom estimert smittepress og påslag av lus på postsmolt

For å vurdere sannsynlighet for at lakselus produsert i oppdrett skal smitte vill laksefisk, må vi finne forholdet mellom smittepress som oppleves av vill fisk, og påslag av lus på denne. Til dette benyttes observasjoner av lakselus på to grupper postsmolt: (1) vill trålfanget laksepostsmolt med genetisk bestemt opphavselv og (2) kultivert laksepostsmolt som har stått i smoltbur i kjente tidsrom og posisjoner (Nilsen mfl. 2023, <https://www.nmdc.no>). For å beregne smittepresset for den trålfangede postsmolten, har vi antatt at fisken ble fanget på det kalkulerede midtpunktet av tråltrekket og at fisken har fulgt den korteste ruten fra elveutløpet til fangststedet med en progresjonshastighet på 10 km per dag (beskrevet i Stige mfl. 2022).

Sammenligningen mellom det kalkulerede smittepresset og den observerte luseforekomsten på postsmolten gir en funksjon for hvor mange lakselus som forventes på en fisk som eksponeres for et gitt smittepress over en gitt tid. Funksjonen avhenger også av om fisken er fra trål eller smoltbur. Her har vi analysert påslag av lakselus på postsmolt fanget i trål i perioden 2013–2023 og i smoltburforsøk fra perioden 2012–2023. Analysen ble gjort i form av en regresjonsmodell (påslagsmodellen) der vi statistisk modellerte observert antall lakselus på individuell fisk i burene. Forklaringsvariablene var gjennomsnittlig beregnet smittepress for hver fisk, eksponeringstid (dvs. beregnet vandringstid fra elvemunning til trål eller varighet for smoltburforsøk) og datakilde (trål eller smoltbur)¹. Vi antok at forholdet mellom lusepåslag på trålfisk og burfisk var et konstant tall, estimert til 9,2 (med 95 prosent konfidensintervall 8,8–9,7). Det vil si at for et gitt smittepress estimerte vi at det var ca. 9 ganger så mange lus på trålfanget fisk som på fisk fra smoltbur. I tillegg inkluderte vi en tilfeldig effekt definert av produksjonsområde og år (Figur 1, høyre panel). Modellen hadde en negativ binomial variansstruktur med en estimert spredningsparameter ($\theta = 0,86$). Denne fordelingen ble benyttet til å simulere fordelingen av luselarver per fisk i trål, gitt gjennomsnittlig forventete antall luselarver fra påslagsmodellen (Figur 1, venstre panel).

¹ Likningen for den estimerte påslagsmodellen var: $\ln(\text{forventet antall lus}) = -5.13 + 0.373 \ln(\text{smittepress}) + \ln(\text{dager eksponering}) - 2.22 \text{ DatakildeBur} + \text{tilfeldig område-år-effekt med forventning 0 og standardavvik 1.115}$



Figur 1. Venstre panel angir observert antall lus uansett livsstadium per fisk fra trål (punkter) plottet mot gjennomsnittlig smittetrykk under utvandringen. Blå heltrukken linje angir forventet antall påslåtte luselarver som funksjon av smittetrykk for en utvandringstid på 7 dager. Blå stiplede linjer svarer til forventet antall påslåtte luselarver ved beste og verste scenarioer, som tar hensyn til tilfeldig variasjon i påslagsrate mellom produksjonsområder og år. Fargede felt svarer til kvantiler når antall lus på 100000 laks er trukket tilfeldig fra en negativ binomial fordeling med theta fra påslagsmodellen og gitt forventningen i forhold til smittetrykk. Det gule området angir 1 til 99 prosentilen, det oransje angir 5 til 95 prosentilen og det røde angir 25 til 75 prosentilen. Høyre panel angir beregnet tilfeldig effekt knyttet til produksjonsområde og år. Vertikale blå linjer i høyre panel viser verdiene av den tilfeldige effekten som svarer til det forventede scenarioet (heltrukken linje) og beste- og verste scenarioer (stiplede linjer). År-område-effektene for 2023 er vist med fylte sirkler.

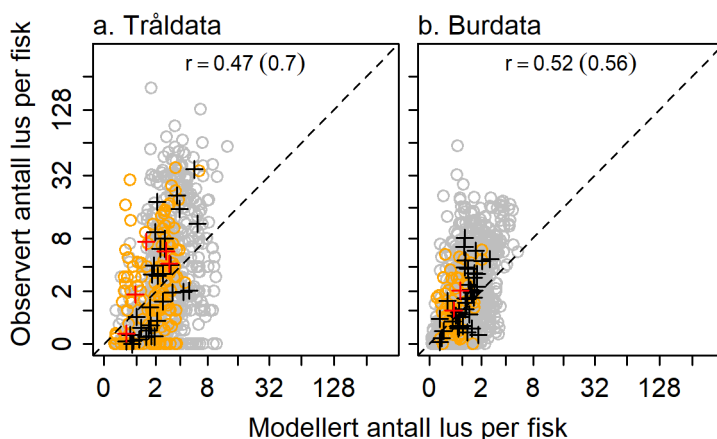
Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen fra burforsøkene varierte mellom -2,5 og 2,0 (enhet: naturlig logaritme av antall lakselus per postsmolt). Observerte fisk i PO3 og PO4 hadde gjennomgående mer lakselus enn forventet utfra det beregnede smittetrykket, noe som gir seg utslag i gjennomgående høye verdier for den tilfeldige effekten for disse produksjonsområdene (Figur 1, høyre panel). De tilfeldige effektene for andre områder faller på begge sider av null. Dette tyder på at det ikke er systematisk over- eller underestimert av lusepåslag i disse områdene. De tilfeldige effektene er antatt å være normalfordelt med en estimert varians, her estimert til 1,24.

Den tilfeldige effekten i modellen tallfester hvor mye lusenivået varierer mellom år og produksjonsområder for et gitt smittepress. For å vurdere hvordan denne variasjonen påvirker estimatene av lakselusindusert dødelighet, gjorde vi beregninger der denne variasjonen ble propagert videre i modellen. For det vi kaller et beste og et verste scenario, ble påslaget på ln-skala er justert med $\pm 1,83$ (90 prosent konfidensintervall for tilfeldig effekt). Dette svarer til å multiplisere eller dividere det forventede luseantallet med 6,3. 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 postsmolt i smoltburforsøk, også for områder og år som ikke er brukt i modelltilpasningen. For det vi kaller et «forventet scenario» antar vi at den tilfeldige effekten er null (dvs. påslaget justeres ikke). Sammenhengene mellom smittepress og antallet lus per fisk ved de ulike scenarioene er vist med heltrukken og stiplede blå linjer i Fig. 1. Tilsvarende beregninger ble gjort for andre kvantiler for å estimere en sannsynlighetsfordeling for den lakselusinduserte dødeligheten for hvert produksjonsområde. Denne sannsynlighetsfordelingen tallfester dermed usikkerheten som kommer av variasjon i observert smittepress mellom år og produksjonsområder for et gitt smittepress.

For produksjonsområder med observasjoner av postsmolt, gir den tilfeldige effekten et mål på lusepåslaget i det gitte produksjonsområdet og året. Ved å inkludere den tilfeldige effekten i de videre beregningene for disse produksjonsområdene, beregnet vi også dødelighet justert til postsmoltobservasjonene. En antakelse for disse beregningene er at postsmoltdataene er representative, det vil si at de representerer spesielle forhold ved det aktuelle produksjonsområdet og året, som påvirker forholdet mellom modellert smittepress og lusepåslag.

Samsvar mellom modellprediksjoner og observasjoner av lus på postsmolt

Korrelasjonen mellom observert og modellert antall lus per fisk i trål og smoltbur er rundt 0,6 når vi ser på gjennomsnittsverdier for produksjonsområder og år, og rundt 0,5 når vi ser på gjennomsnitt for de enkelte tråltrekk og smoltbur (Figur 2). Årets observasjoner (oransje sirkler og røde kryss i Figur 2) ser ikke ut til å skille seg vesentlig ut fra mønsteret fra tidligere år.



Figur 2: Sammenhengen mellom observert og modellert antall lus per fisk i trål (panel a) og smoltbur (panel b). Hver sirkel er gjennomsnitt for ett tråltrekk eller smoltbur, med årets data vist i oransje. Hvert kryss er gjennomsnittet for ett produksjonsområde og år, med årets data vist i rødt. Korrelasjonskoeffisienten, r , er regnet ut på skala $\log_{10}[x + 1]$ på tråltrekk/smoltburnivå og på produksjonsområde-år-nivå (tall i parentes). Den stiplede linjen viser 1:1-forholdet.

Beregning av lusepåslag og luseindusert dødelighet på utvandrende laksepostsmolt

Til beregning av lusepåslag på laksepostsmolt benyttet vi resultatene fra den statistiske påslagsmodellen, antatt vandringsrute og -hastighet for postsmolten, samt rasterkart over smittepress. Vandringsruten ble antatt å være korteste vei fra elveutløp til 12-mils grense i hav (Figur 3).

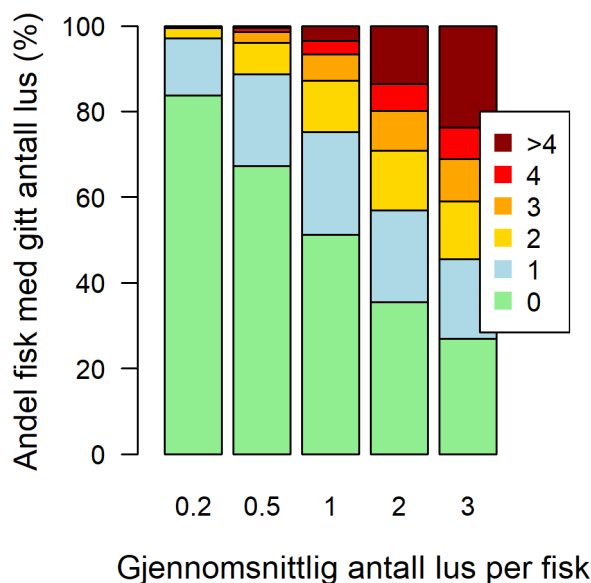


Figur 3: Antatt vandringsrute for laksepostsmolt fra 401 vassdrag langs kysten, som korteste vei fra utløp i sjø til 12-mils grensen i hav.

For hvert av totalt 401 vassdrag (Ugedal mfl. 2019, Vollset mfl. 2021a), beregnet vi påslag av lus og luseindusert dødelighet for postsmolt som startet utvandringen ved tre alternative tidspunkter. De tre tidspunktene var beregnet startdato for utvandringen, dato for midlere utvandring (50 prosent utvandring) og sluttdato. Lusepåslag og dødelighet ble beregnet etter følgende prosedyre: Forventet påslag av lus i hver piksel (100×100 m) av rasterkartene med tidsjustert smittepress ble beregnet, fra utløp av elv i sjø til 12-milsgrensen i hav. Vandringshastigheten på fisken ble satt til 10 km per dag (Thorstad mfl. 2012, Vollset mfl. 2016, Halttunen mfl. 2018, Jensen mfl. 2022). Deretter ble påslag for hver piksel summert opp til et forventet antall påslåtte lakselus for hele utvandningsruten. Antall påslåtte lakselus per fisk ble så simulert på 10000 fisk fra en negativ binomial fordeling med forventning lik beregnet påslag og spredningsparameter fra påslagsmodellen. Denne fordelingen representerte i hovedsak yngre, fastsittende lusestadier, mens det er de eldre, mobile stadiene som er mest skadelige for fisken. Basert på laboratorieundersøkelser som

finner at rundt 30-50 prosent av lusa dør eller faller av fra fastsittende til mobile stadier (Stien mfl. 2005, Wagner mfl. 2008), nedjusterte vi derfor de simulerte lusetallene med 40 prosent.

Dette ga en sannsynlighetsfordeling for antall mobile lus på villaksen som vandrer ut fra et gitt vassdrag. Figur 4 illustrerer sannsynlighetsfordelingene for ulike forventede antall lus per fisk.



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

Andelen av fisk beregnet til å dø av lakselus ble deretter utregnet på bakgrunn av den simulerte fordelingen av mobile lus på fisk og sannsynligheten for dødelighet av 20-grams postsmolt (Taranger mfl. 2015; Tabell 1). For hvert vassdrag ble denne andelen beregnet for startdato, dato for midlere utvandring og sluttdato. Disse andelenene ble så lineært interpolert mellom startdato og dato for midlere utvandring, og videre til sluttdato. Andelen av fisk som ble antatt å vandre ut ved ulike tidspunkt ble modellert med en beta-pert fordeling tilpasset de tre utvandringstidene (Vose 2000). Dette er en fordeling med stigende andeler av postsmolt som vandrer ut fra startdato til midlere dato og synkende andeler fra midlere dato til sluttdato. Endelig beregnet vi andel av utvandrende fisk som dør, som følge av det modellerte lusepåslaget.

Tabell 1: Antatt sammenheng mellom antall lakselus per postsmolt og andel postsmolt som dør av lakselus.

Antall lakselus per fisk	Andel fisk som dør av lakselus
0 til 1	0 %
2 til 3	20 %
4 til 6	50 %
Flere enn 6	100 %

Sensitivitetsanalyser

For å undersøke sensitiviteten til den beregnede dødeligheten til antakelsene om utvandringstid, gjorde vi også beregninger der utvandringstiden ble forskjøvet til 10 dager tidligere eller 10 dager seinere enn i hovedscenarioet. For å undersøke sensitiviteten til postsmoltens tålegrenser for lus, gjorde vi beregninger der tålegrensene i Tabell 1 ble omtrent halvert eller doblet. I scenarioet med lave tålegrenser, antok vi at 0 lus per fisk ga 0 dødelighet, 1–2 lus 20 % dødelighet, 3 lus 50 % dødelighet og >3 lus 100 % dødelighet. I scenarioet med høye tålegrenser, antok vi at 0–3 lus per fisk ga 0 dødelighet, 4–6 lus 20 % dødelighet, 7–12 lus 50 % dødelighet og >12 lus 100 % dødelighet.

Heterogenitetsberegninger

Ekspertgruppen er fra og med 2023 bedt om å inkludere heterogenitetsvurderinger for sårbare og viktige bestander. I presentasjonen av resultatene for hvert produksjonsområde inkluderes derfor beregningsresultater for fire grupper av sårbare og viktige bestander. Disse resultatene brukes til å vurdere hvordan heterogenitet i lakselusindusert dødelighet innen produksjonsområdet påvirker disse bestandene. Kategoriseringen av sårbare og viktige bestander er beskrevet i Thorstad mfl. (2022) og definert i hovedrapporten til ekspertgruppen (Vollset mfl. 2023). Vi vil her kun gi en kort oppsummering.

1) Bestander i nasjonale laksevassdrag

Stortinget har utpekt 52 vassdrag som nasjonale laksevassdrag og 29 fjorder som nasjonale laksefjorder (St.prp. nr. 32 2006-2007). Formålet er å ta bedre vare på noen av de viktigste laksebestandene ved å beskytte dem mot inngrep og aktivitet i vassdragene, samt i nærliggende fjord- og kystområder. De nasjonale laksevassdragene viser dermed til bestander som er identifisert som spesielt viktige eller verneverdige.

2) Bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand etter delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” i Kvalitetsnormen for villaks.

Kvalitetsnormen for villaks ble vedtatt under Naturmangfoldloven i 2013 og er beskrevet i en egen forskrift under denne loven. Kravene i Kvalitetsnormen som hver bestand vurderes etter, er delt i to deler som kalles delnormer: “Gytebestandsmål og høstingspotensial” og “Genetisk integritet”. Det er til sammen fem kategorier i vurderingene, der *dårlig* og *svært dårlig* er de to laveste. Delnormen “Gytebestandsmål og høstingspotensial” gjelder i hvilken grad antallet voksne hunnlaks i elva er tilstrekkelig for å utnytte elvas naturlige kapasitet til å produsere laksesmolt og i hvilken grad bestanden har et overskudd av laks som det kan fiskes på.

3) Bestander definert som små og/eller sårbare

Sårbarhet for reduksjoner i lakseantall på grunn av lakselus eller andre påvirkninger er avhengig av den naturlige bestandsstørrelsen og av tilstanden til bestandene. I prosessen med å gi beskatningsråd har Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning identifisert små og sårbare bestander (Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning 2020). Små bestander ble definert som de som har et gytebestandsmål på mindre enn 25 hunner. Sårbare bestander inkluderer blant annet naturlig store eller moderat store bestander der det er sannsynlig (eller, for moderat store bestander, fare for) at forvaltningsmålet ikke er nådd. Til denne gruppen hører også vassdrag uten høstbart overskudd som er stengt for fiske.

4) Bestander under reetablering etter behandling mot sur nedbør eller parasitten *Gyrodactylus salaris*

I prosessen med å gi beskatningsråd har VRL definert når laksebestander er reetablert etter kalking eller behandling mot *Gyrodactylus salaris* (Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning 2020). I slike områder blir restriksjoner i fisket vurdert for å sikre at reetableringen kan skje så raskt

som mulig. En bestand blir ansett som reetablert når det høstbare overskuddet er større enn 60 prosent av normalt overskudd, basert på naturlig rekruttering. Bestander med lavere høstbart overskudd enn dette blir vurdert til å ha et svært lavt høstbart overskudd, og blir dermed ikke ansett som reetablert. Normalt høstbart overskudd er definert på samme måte som i Kvalitetsnorm for villaks (Vitenskapelig Råd for Lakseforvaltning 2020).

Kategoriseringen av de ulike vassdragene er inkludert i Appendiks I.

Endringer fra fjorårets trafikklysanalyser

Analysene i denne rapporten implementerer modelloppdateringer som er beskrevet i Stige mfl. (2022b). Disse endringene ble nærmere beskrevet i fjorårets rapport (Stige mfl. 2022a). Fra fjorårets rapport er følgende endringer gjort:

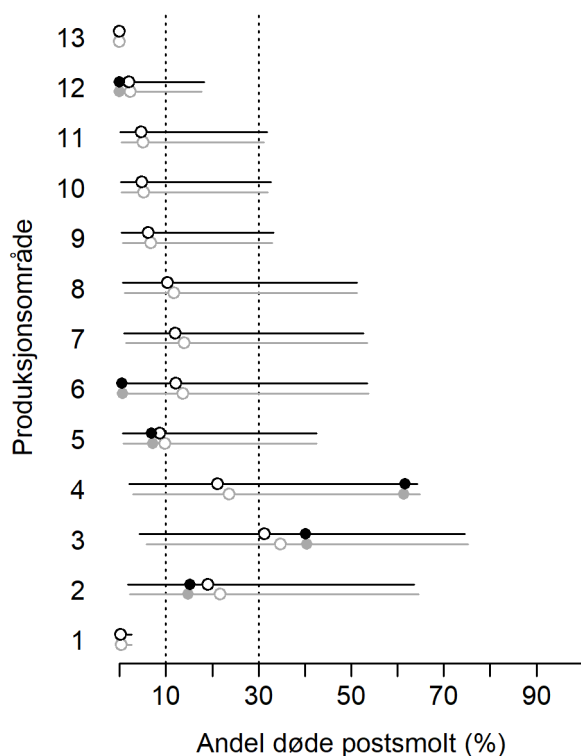
- 1) Et nytt dataoverføringssystem for sentrale inngangsdata for beregningen av smittepress er under innføring. Dette gjelder de månedlige tallene for antallet oppdrettsfisk rapportert til Fiskeridirektoratet og de ukentlige tallene for antallet lakselus per oppdrettsfisk rapportert til Mattilsynet. Som del av dette arbeidet har vi revidert rutinene for å omgjøre månedstallene for antallet fisk til ukentlig skala. Vi går nå utfra at de månedlige tallene alltid representerer den siste uken i måneden og at endringene fra uke til uke skjer jevnt gjennom måneden (dvs. vi interpolerer lineært, også ned til null etter siste måned i produksjonssyklusen med rapportert fisk). Antagelsen om at endringene fra uke til uke skjer jevnt gjennom måneden vil antakeligvis være feil for mange enkeltlokaliteter, men gjennomsnittet for hele produksjonsområder vil bli tilnærmet korrekt. Vi tror at de reviderte rutinene bedre gjenspeiler den reelle situasjonen, men uten data med finere oppløsning er det fortsatt usikkerhet omkring dette. Nye rutiner for å overføre lusedata fra Mattilsynets datasystem er ennå ikke klare, og vi har i stedet lastet ned lusedata fra BarentsWatch (<https://www.barentswatch.no/fiskehelse/>) for årets trafikklysarbeid. Lusedata som inngikk i dette arbeidet ble lastet ned den 11. september 2023, og antall oppdrettsfisk ble lastet ned den 9. september 2023.
- 2) Tråldataene for lusenivåer på utvandrende vill laksesmolt er utvidet med data fra produksjonsområde 2, 3, 4, 5 og 10 for 2023. Også tidligere års data er revidert av Havforskningsinstituttet, slik at data med genetisk tilhørighetsanalyse er tilgjengelig for flere områder og år. Antallet trålfanget fisk fra hvert produksjonsområde (PO) og år brukt i tilpasningen av påslagsmodellen er nå:

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PO2						92	153	180	230	192	227	140
PO3		21		35	102	148	103	162	151	427	390	69
PO4		32				66	316	299	188	117	129	730
PO5						222	68	71	207	26	29	73
PO6										356	216	
PO10												33
PO12									439		128	

- 3) Burdataene, som viser lusenivåer på kultivert laksesmolt i vaktburforsøk, er utvidet med data fra produksjonsområde 3 og 4 for 2023. Antallet fisk fra vaktburforsøk fra hvert produksjonsområde (PO) og år brukt i tilpasningen av påslagsmodellen er nå:

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PO2						765	925	396		861	594	
PO3	819	956	1905	2102	1147	1376	1046	1122	1194	799	694	920
PO4						824	991	721			1128	765
PO5			322	287	337	446	372					
PO6					463	404	200					
PO7	448	617	578	696	326	582	543	548				
PO12	60	85	453			981						

- 4) Påslagsmodellen er tilpasset det oppdaterte datasettet, og dødelighet er beregnet også for tidligere år. Korrelasjonen mellom gamle og nye dødelighetsestimater fra 2012 til 2022 var 0,986 på produksjonsområdenivå og 0,982 på elvenivå. I gjennomsnitt var de nye dødelighetsestimatene 0,4 prosentpoeng lavere enn de gamle. Forskjellene var noe større for høyere dødeligheter, med i gjennomsnitt 1,1 prosentpoeng lavere estimater for dødelighet i intervallet 10-30 prosent og 3,2 prosentpoeng lavere for dødelighet over 30 prosent. Figur 5 viser hvordan endringene slo ut for 2022. Vi ser at de justerte estimatene er tilnærmet uforandret. Endringene i forventet dødelighet er noe større, men likevel små sett i forhold til usikkerhetsintervallene.



Figur 5: Sammenlikning av ny beregning av lakselusindusert dødelighet for 2022 med beregningene rapportert i fjorårets rapport (Stige mfl. 2022b). Andel døde postsmolt er på x-aksen. De gamle estimatene for hvert produksjonsområde vises i grått og de nye i sort. Forventet dødelighet utfra smittepresset er vist med åpne sirkler, dødelighet justert i henhold til observerte lusnivåer på postsmolt i produksjonsområdet er vist med fylte sirkler, og 90-prosentintervallet fra «beste» til «verste» scenarier er vist med horisontale linjer.

- 5) Heterogenitetsberegninger er inkludert i rapporten.

Vurdering av status i produksjonsområdene

Vi vurderer status for hvert produksjonsområde som gjennomsnittlige andeler postsmolt som beregnes å dø i hver elv i hvert produksjonsområde. For hvert produksjonsområde oppgis flere modellresultater:

Forventet dødelighet er gjennomsnittlig dødelighet for simulerte utvandrende («virtuelle») laksepostsmolt. Den forventede dødeligheten er beregnet utfra sammenhengen mellom observerte lusenivåer på trålfanget postsmolt og smittepress, der smittepresset avhenger av rapporterte antall lus per fisk i oppdrettsanlegg, antall fisk i oppdrettsanlegg og sjøtemperatur.

Vi oppgir også sannsynlighetsfordelingen for den gjennomsnittlige dødeligheten. Sannsynlighetsfordelingen representerer variasjonen i observert lusenivå på postsmolt mellom produksjonsområder og år for et gitt modellert smittepress. De «verste» og «beste» scenarioene representerer 5 og 95 prosentilene i denne fordelingen, men vi viser også hele fordelingen. Sannsynligheten for at dødeligheten skal være lav (0-10 prosent dødelighet), moderat (10-30 prosent dødelighet) eller høy (30-100 prosent dødelighet) bestemmes av hvor stor andel av sannsynlighetsfordelingen som faller innenfor hver av kategoriene. Usikkerheten grupperes så etter følgende tabell:

Usikkerhetskategori	Sannsynlighet for at dødeligheten er i gitt kategori
1. Svært sannsynlig	99-100 %
2. Veldig sannsynlig	90-99 %
3. Sannsynlig	66-90 %
4. Mer sannsynlig enn ikke	50-66 %
5. Mindre sannsynlig enn ikke	33-50 %
6. Usannsynlig	10-33 %

For produksjonsområder der vi har observasjoner av lus på postsmolt fanget i trål eller fra smoltburforsøk, oppgir vi også en justert dødelighet. Den justerte dødeligheten justerer dødeligheten til observasjonene av lusenivåer på postsmolt i det gitte produksjonsområdet og året. Dersom lusenivået på den observerte postsmolten er lavere enn forventet utfra det modellerte smittepresset, justeres dødeligheten ned. Dersom lusenivået på den observerte postsmolten er høyere, justeres dødeligheten opp. Justeringen er basert på den statistiske område-årseffekten i påslagsmodellen og bruker observasjoner av lusenivåer på postsmolt både fra trål og smoltbur.

For produksjonsområder med observasjoner av lusenivåer på postsmolt, baseres vår hovedkonklusjon for dødelighetskategori (lav, moderat eller høy) på den justerte dødeligheten. For produksjonsområder uten slike observasjoner, baseres vår hovedkonklusjon på den forventede dødeligheten.

Dersom det foreligger observasjoner av lusenivåer på postsmolt i et produksjonsområde, er usikkerheten lavere enn det sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset skulle tilsi. Hvor mye lavere usikkerheten er, avhenger av hvor representative observasjonene er for den

samlede populasjonen av utvandrende vill laksepostsmolt i et produksjonsområde. Vi har her fulgt en enkel regel om at vi reduserer usikkerhetskategorien med ett nivå for produksjonsområder der justerte dødelighetsestimater foreligger. Usikkerhetskategoriseringen tar ikke hensyn til sensitiviteten til utvandringstid eller tålegrense.

I utregningen av forventet og justert gjennomsnitt teller hver elv likt, slik at gjennomsnittet representerer gjennomsnittselva i produksjonsområdet. I tillegg oppgir vi et vektet snitt, der dødeligheten i hvert vassdrag vektet med potensialet for smoltproduksjon i vassdraget. Det vektete gjennomsnittet representerer tapet i den totale smoltproduksjonen i området. For produksjonsområder der vi har observasjoner av lus på postsmolt, er det vektete snittet for den justerte dødeligheten, ellers for den forventede dødeligheten utfra smittepresset.

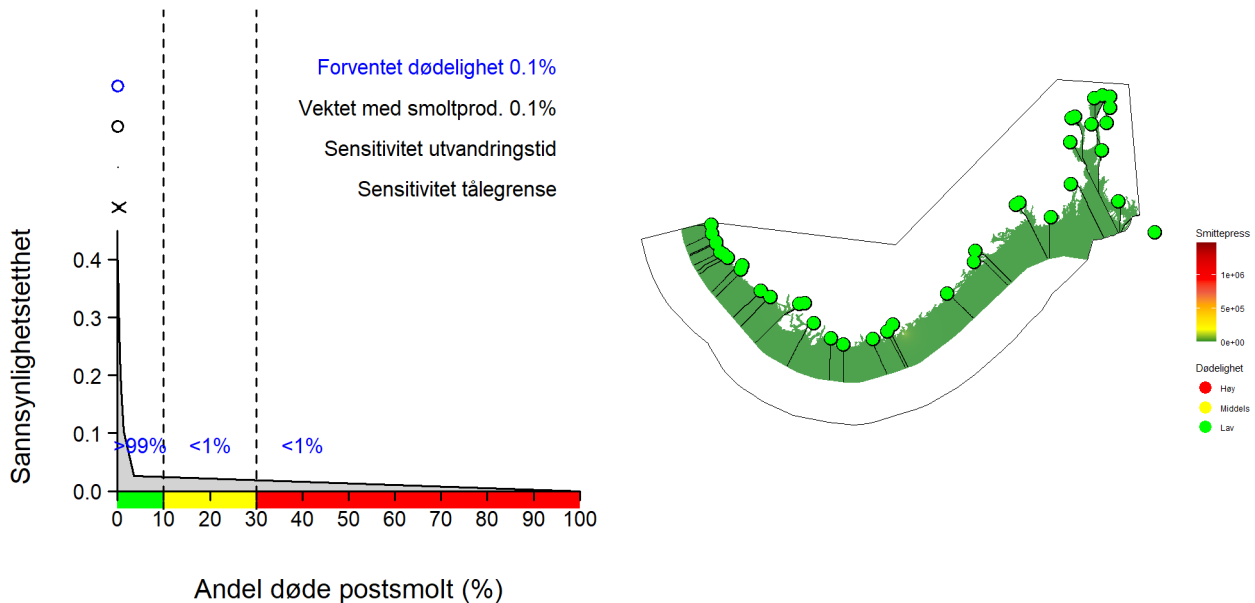
Vi beregner også sensitiviteten til sentrale modellantakelser i dødelighetsberegningene. Sensitivitet til utvandringstid vises som dødelighet dersom utvandringstiden endres med ± 10 dager. Sensitivitet til tålegrense vises som dødelighet dersom postsmoltens tålegrenser for lus endres til omtrent det halve eller dobbelte (se Modellbeskrivelse). For produksjonsområder der vi har observasjoner av lus på postsmolt, er sensitivitetsanalysene gjort for den justerte dødeligheten, ellers for den forventede dødeligheten utfra smittepresset.

For å belyse hvordan heterogenitet i dødelighet påvirker sårbare og viktige bestander, viser vi gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet for hver gruppe av bestander innenfor produksjonsområdet. Vi teller også hvor mange bestander innen hver gruppe som har lave (dvs. 0-10 prosent), moderate (10-30 prosent) og høye (30-100 prosent) dødelighetsestimater. Disse beregningene gjøres både for forventet dødelighet og dødelighet justert til postsmoltobservasjonene innenfor produksjonsområdet. Merk at usikkerheten er større for disse resultatene enn for produksjonsområdet som helhet; særlig gjelder dette resultatene for enkeltbestander.

Beregninger av påslag og luseindusert dødelighet på vassdragsnivå for 2012 til 2023 er vedlagt (Vedlegg 1). Tabeller med resultater for produksjonsområde og år er også vedlagt (Vedlegg 2).

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren

Produksjonsområde 1 omfatter 38 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten for alle vassdragene ble estimert til under 10 prosent (Figur 6). Produksjonen av lakselus i oppdrett innen dette produksjonsområdet er lav. Beregnet dødelighet var under 1 prosent for området, både for forventet dødelighet, gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon og for ulike antakelser om utvandringstid og tålegrense (Figur 6). Vi anslo det som mer enn 99 prosent sannsynlig at dødeligheten var under 10 prosent (Figur 6). Beregningene tilsier derfor at det er svært sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Ingen bestander har dødelighetsanslag over lav kategori (Tabell 2).



Figur 6. Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 1. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingens gjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Testing av sensitivitet for antatte utvandringstider (dødelighet for ± 10 dager) ga ingen endring i dødelighet. Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn: lav, gul: moderat, rød: høy under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Tabell 2. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 1 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

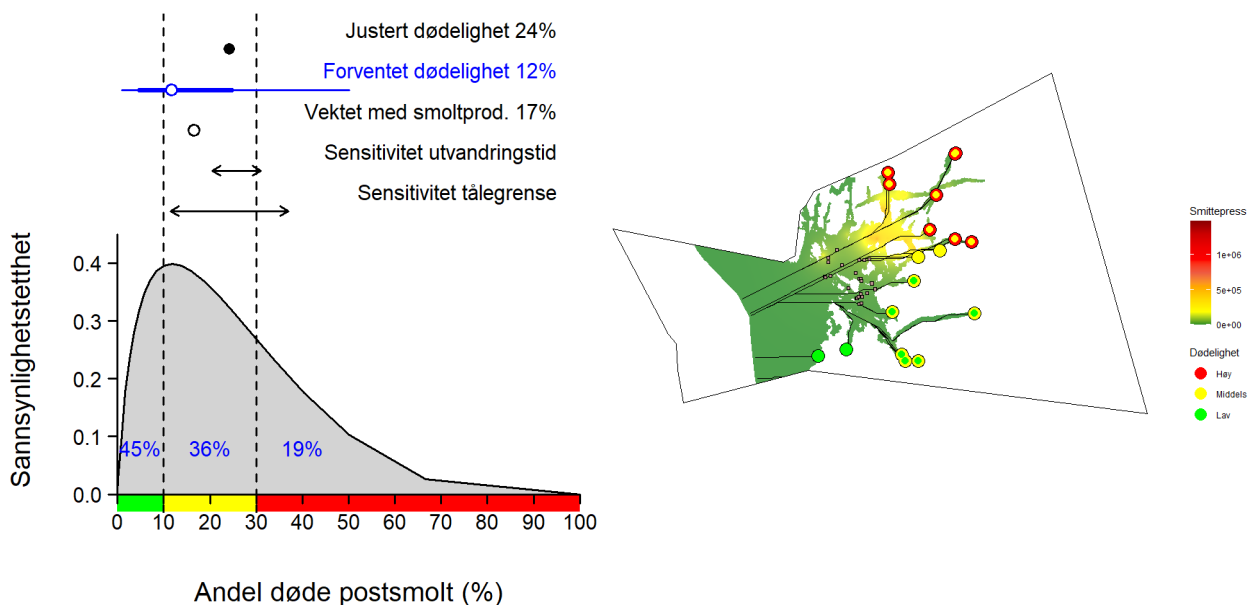
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	38	<1	38	0	0
Nasjonale laksevassdrag	6	<1	6	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	1	<1	1	0	0
Små og sårbare	5	<1	5	0	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 2: Ryfylke

Produksjonsområdet omfatter 18 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 24 prosent og dermed i moderat kategori, og nærmere høy enn lav (Figur 7). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i samme kategori, men nærmere lav enn høy. Det er derfor vanskelig å si om usikkerheten går mest i retning lav eller høy. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke».

Gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat dødelighet var sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, der en 10 dagers forskyving av utvandringen ga dødelighet like over grensen mellom høy og lav kategori. Konklusjonen var også sensitiv til antatt tålegrense, der en halvering av tålegrensene ga dødelighet i høy kategori.

For ingen av bestandene var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori, men dersom vi legger justert dødelighet til grunn, kommer 8 av bestandene opp i høy kategori (Tabell 3, Figur 7). Dette inkluderer ett nasjonalt laksevassdrag (Suldalslågen) og to små og sårbare bestander (Førreelva og Saudavassdraget).



Figur 7: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 2. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Justert dødelighet (fylt sort sirkel) er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises justert gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: justert dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: justert dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsveier for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede

dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 3. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 2 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

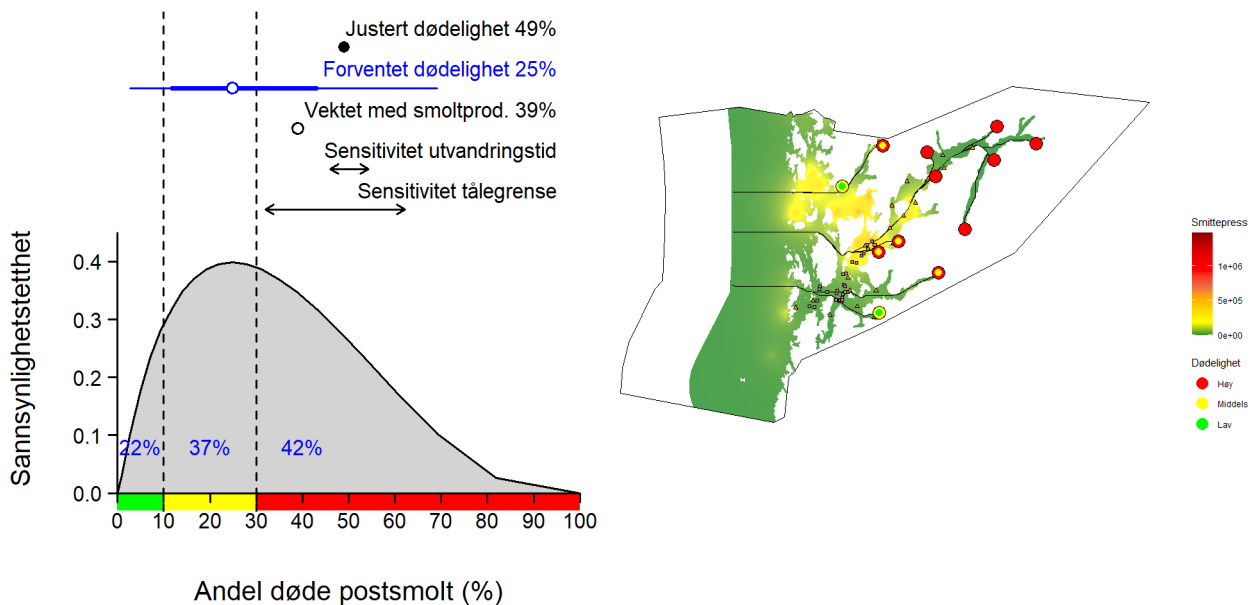
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	18	12 (24)	8 (2)	10 (8)	0 (8)
Nasjonale laksevassdrag	2	9 (17)	1 (1)	1 (0)	0 (1)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	0				
Små og sårbare	3	14 (28)	1 (1)	2 (0)	0 (2)
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

Produksjonsområdet omfatter 12 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 49 prosent og dermed i høy kategori (Figur 8). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, men nærmere høy enn lav. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var også i høy kategori, som betyr at konklusjonen om høy dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om høy dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

For 6 av de 12 bestandene i produksjonsområdet var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori. Dersom vi legger justert dødelighet til grunn, kommer 10 av bestandene opp i høy kategori (Tabell 4, Figur 8). Et flertall av disse er bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale og/eller små og sårbare bestander (Tabell 4). Merk at en bestand kan være i flere grupper av sårbare og viktige bestander samtidig.



Figur 8: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 3. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Justert dødelighet (fylt sort sirkel) er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises justert gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: justert dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: justert dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringe angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i

sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 4. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 3 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

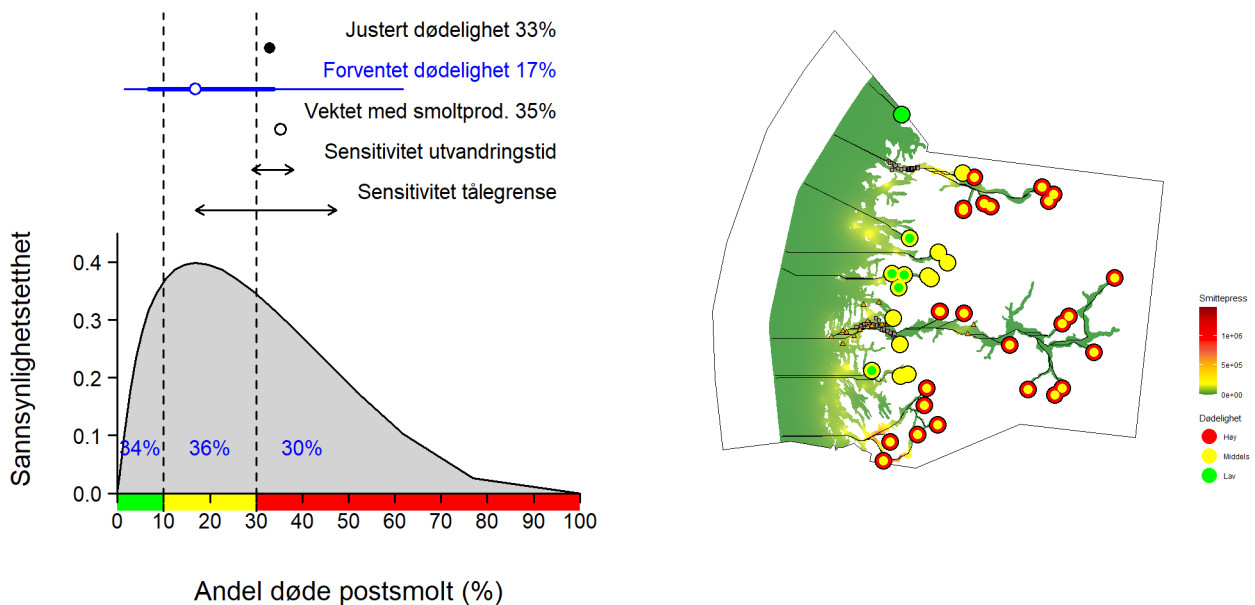
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	12	25 (49)	2 (0)	4 (2)	6 (10)
Nasjonale laksevassdrag	1	7 (23)	1 (0)	0 (1)	0 (0)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	6	30 (56)	0 (0)	2 (0)	4 (6)
Små og sårbare	6	30 (56)	0 (0)	2 (0)	4 (6)
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt

Produksjonsområde 4 omfatter 40 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 33 prosent og dermed i høy kategori (Figur 9). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, og nærmere lav enn høy. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 10 og 33 prosent sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mindre sannsynlig enn ikke». Tråldataene dekket i år både Sogn og Nordfjord og dermed en større del av produksjonsområdet enn de foregående årene (unntatt 2019, da også både Sogn og Nordfjord ble dekket). Dette styrker representativiteten til det justerte estimatet.

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i høy kategori, som betyr at konklusjonen om høy dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om høy dødelighet var sensitiv til antakelsene om utvandringstid og tålegrense, der ti dagers tidligere utvandring eller doubling av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

For ingen av bestandene var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori, men dersom justert dødelighet legges til grunn, var dødeligheten i høy kategori for 25 av de 40 bestandene (Tabell 5, Figur 9). Dette inkluderer 9 nasjonale laksevassdrag, 5 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale, 5 små og sårbare bestander og én bestand under reetablering.



Figur 9: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 4. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Justert dødelighet (fylt sort sirkel) er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises justert gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: justert dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: justert dødelighet for halvering eller doubling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringe angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul

mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 5. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 4 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

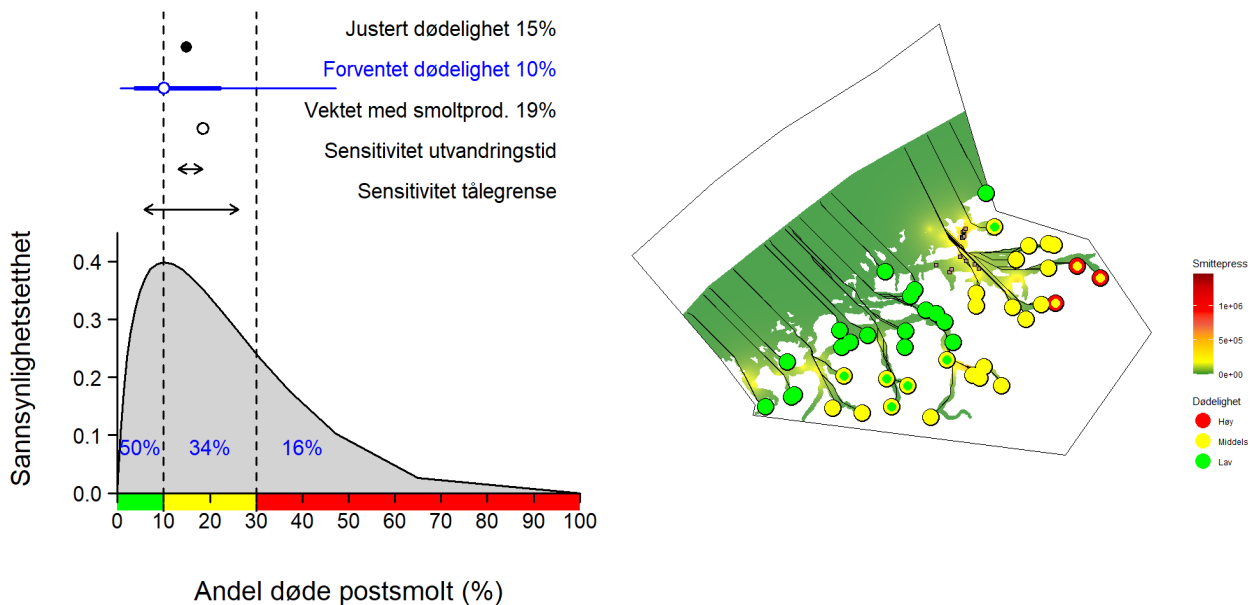
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	40	17 (33)	6 (1)	34 (14)	0 (25)
Nasjonale laksevassdrag	11	21 (39)	0 (0)	11 (2)	0 (9)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	7	22 (40)	0 (0)	7 (2)	0 (5)
Små og sårbare	9	16 (32)	1 (0)	8 (4)	0 (5)
Under reetablering	1	27 (46)	0 (0)	1 (0)	0 (1)

Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Produksjonsområde 5 omfatter 44 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 15 prosent og dermed i moderat kategori (Figur 10). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i på grensen mellom moderat og lav kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «mer sannsynlig enn ikke».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid, mens en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.

For ingen av bestandene var forventet dødelighet basert på smittepresset i høy kategori, men dersom vi legger justert dødelighet til grunn, var 3 bestander i høy kategori (Tabell 6, Figur 10). Blant disse var det ett vassdrag som både hadde dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale og var klassifisert blant små og sårbare bestander (Eira) og ett vassdrag under reetablering (Isavassdraget).



Figur 10: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 5. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Justert dødelighet (fylt sort sirkel) er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises justert gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: justert dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: justert dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringe angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i

sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 6. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 5 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

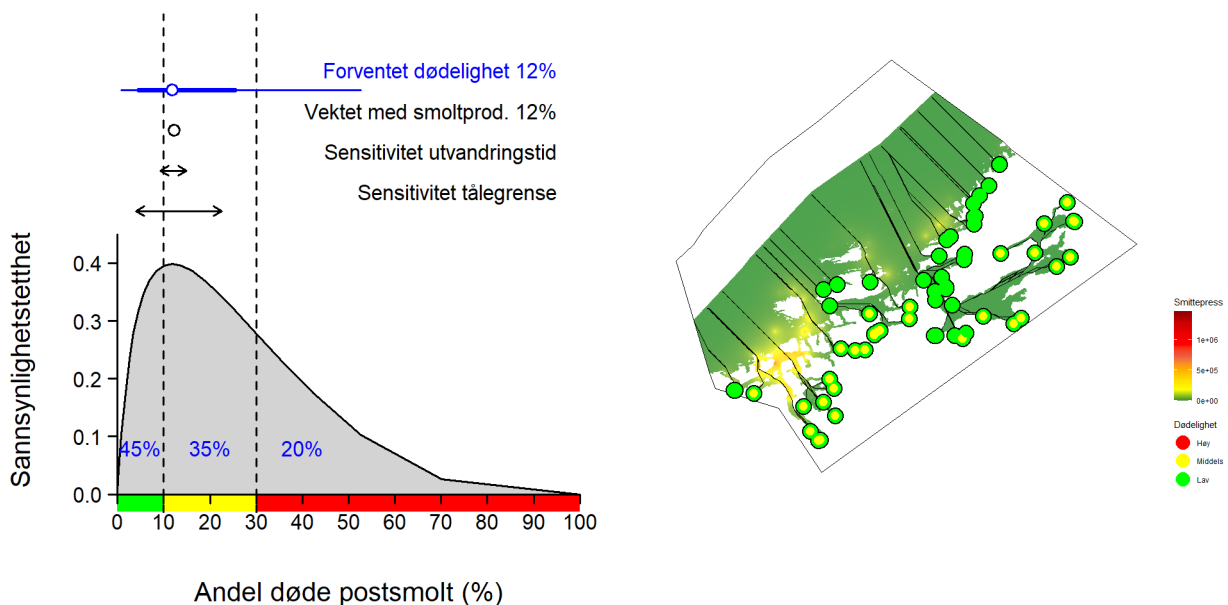
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	44	10 (15)	24 (18)	20 (23)	0 (3)
Nasjonale laksevassdrag	2	15 (21)	1 (0)	1 (2)	0 (0)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	9	8 (13)	6 (5)	3 (3)	0 (1)
Små og sårbare	12	10 (14)	6 (6)	6 (5)	0 (1)
Under reetablering	4	21 (30)	0 (0)	4 (3)	0 (1)

Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag

Produksjonsområde 6 omfatter 62 vassdrag. Gjennomsnittlig forventet lakselusindusert dødelighet basert på smittepresset var 12 prosent og dermed i moderat kategori (Figur 11). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, er det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 prosent sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerhetsnivået vurderes dermed til «mindre sannsynlig enn ikke». Merk at usikkerheten er mindre når det gjelder dødelighetsnivået sett over flere år, selv om dødeligheten for enkeltår er vanskelig å forutsi utfra smittepresset alene.

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen om moderat dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om moderat dødelighet var sensitiv til antakelsene om utvandringstid og tålegrense, der 10 dagers forskyvning av utvandringen eller en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.

Ingen bestander hadde dødelighetsestimater i høy kategori, mens omtrent halvparten av bestandene hadde estimater i lav og halvparten i moderat kategori (Tabell 7, Figur 11). Blant bestandene i moderat dødelighetskategori, var det 7 nasjonale laksevassdrag, 6 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale, 14 små og sårbare bestander og 2 bestander under reetablering.



Figur 11: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 6. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Justert dødelighet (fylt sort sirkel) er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises justert gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: justert dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: justert dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede

dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 7. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 6 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

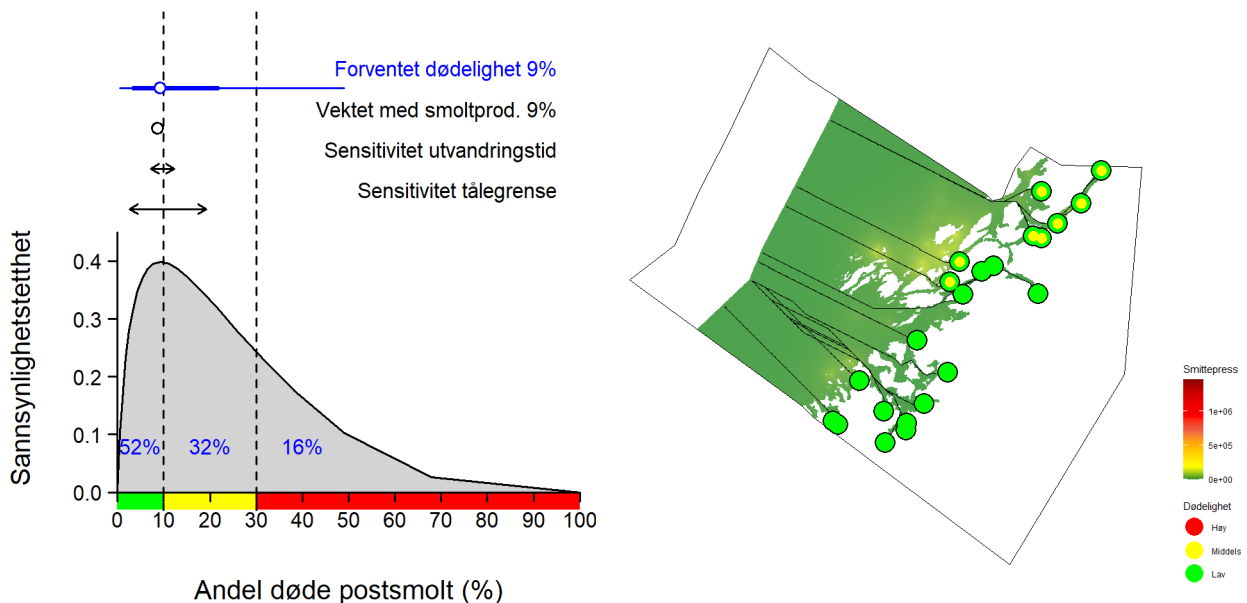
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	62	12	30	32	0
Nasjonale laksevassdrag	10	14	3	7	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	8	13	2	6	0
Små og sårbare	29	11	15	14	0
Under reetablering	2	14	0	2	0

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Produksjonsområde 7 omfatter 22 vassdrag. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 9 prosent og dermed i lav kategori (Figur 12). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, er det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerheten settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at 10 dagers forskyvning av utvandringstiden eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 22 vassdragene, hadde 8 dødelighetsanslag i moderat kategori (Tabell 8, Figur 12). Dette inkluderte 2 bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale (Storelva-Tosbotnet og Eide), 3 små og sårbare bestander (Storelva, Terråkelva og Urvollelva). I gjennomsnitt var dødeligheten for bestander med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale i moderat kategori.



Figur 12: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 7. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: dødelighet for halvering eller doubling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 16 til 21 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Tabell 8. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 7 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

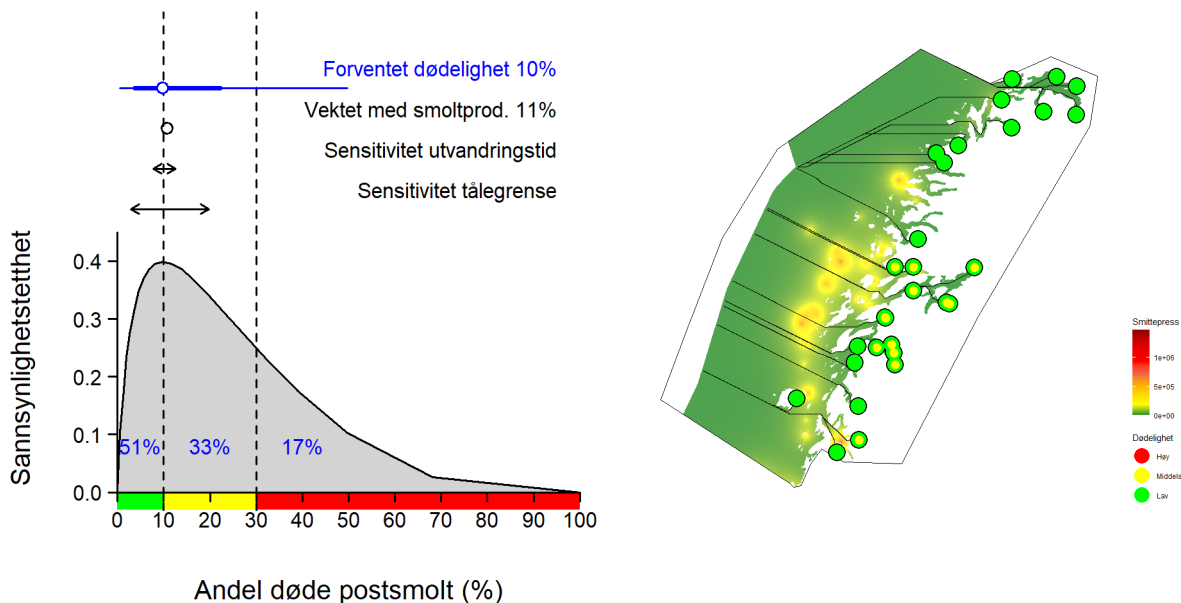
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	22	9	14	8	0
Nasjonale laksevassdrag	2	9	2	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	12	1	2	0
Små og sårbare	6	10	3	3	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Produksjonsområde 8 omfatter 30 vassdrag. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 10 prosent og i lav kategori, men helt på grensen til moderat (Figur 13). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerheten settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i moderat kategori, som betyr at konklusjonen blir moderat dødelighet dersom mest vekt legges på de største lakseelvne i produksjonsområdet. Sensitivitetsanalysene viste at scenarier med 10 dagers forskjøvet utvandring eller halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 30 bestandene, hadde 13 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 9, Figur 13). Dette inkluderte 2 nasjonale laksevassdrag (Vefsna og Rana), 1 bestand med dårlig eller svært dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensiale (Røssåga), 4 små og sårbare bestander og 7 bestander under reetablering. For hver av disse kategoriene var gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i moderat kategori.



Figur 13: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 8. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: dødelighet for halvering eller doubling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Tabell 9. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 8 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

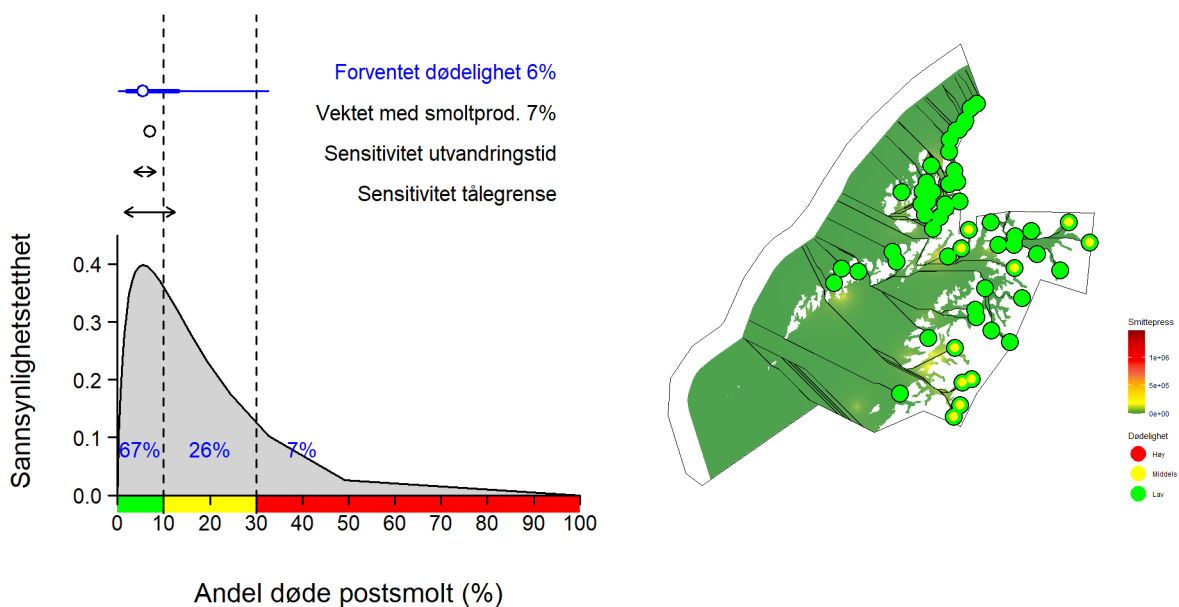
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	30	10	17	13	0
Nasjonale laksevassdrag	3	12	1	2	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	11	2	1	0
Små og sårbare	7	12	3	4	0
Under reetablering	9	11	2	7	0

Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Produksjonsområde 9 omfatter 58 vassdrag. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 6 prosent og dermed i lav kategori (Figur 14). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «sannsynlig».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

Blant de 58 bestandene, har 10 dødelighetsestimater i moderat kategori (Tabell 10, Figur 14). Blant disse er 2 bestander med dårlig tilstand for gytebestandsmål og høstingspotensial (Bonnåga og Heggedal) og 6 små og sårbare bestander.



Figur 14: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 9. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrensene (piler: dødelighet for halvering eller dobling av tålegrensene). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandringstid for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargene inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Tabell 10. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 9 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	58	5	48	10	0
Nasjonale laksevassdrag	0				
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	6	8	4	2	0
Små og sårbare	32	6	26	6	0
Under reetablering	0				

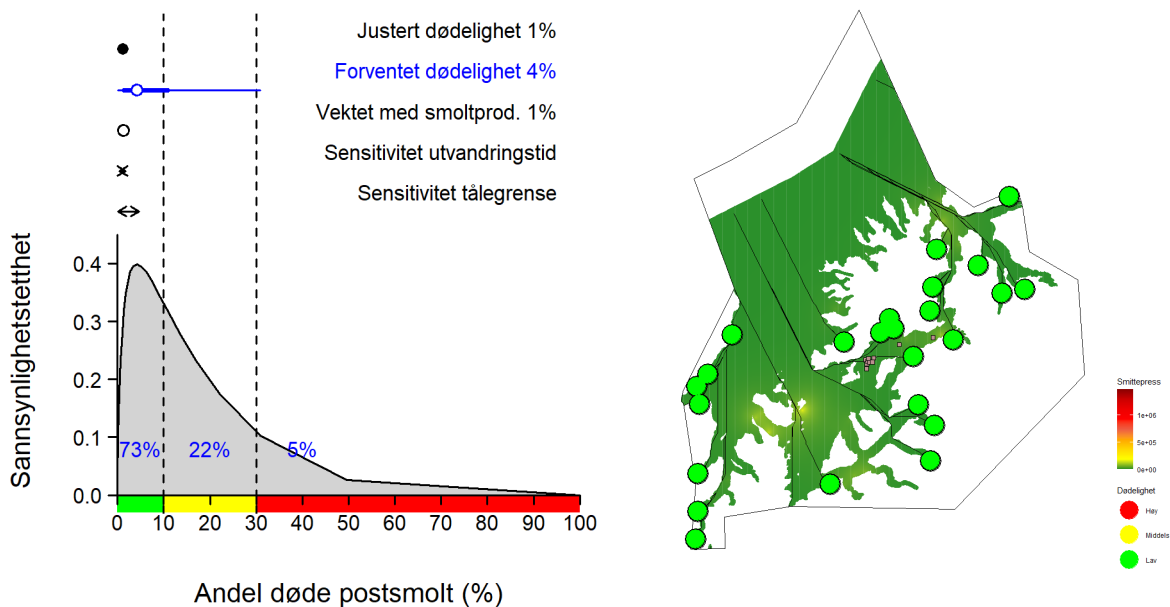
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

Produksjonsområde 10 omfatter 24 vassdrag. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 1 prosent og dermed i lav kategori (Figur 15). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var også i lav kategori.

Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «veldig sannsynlig».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Alle bestandene hadde dødelighetsestimater i lav kategori, både for forventet dødelighet utfra smittepresset og justert dødelighet (Tabell 11, Figur 15).



Figur 15: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 10. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Der vassdragsmunning er markert med to farger er det forventede dødelighetsnivået angitt med fargen i sentrum, og fargen utenpå indikerer justert dødelighet. Der vassdragsmunning er markert med én farge har vi ikke estimat for justert dødelighet. Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 11. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 10 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet. Tall i parentes viser beregninger basert på dødelighet justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet.

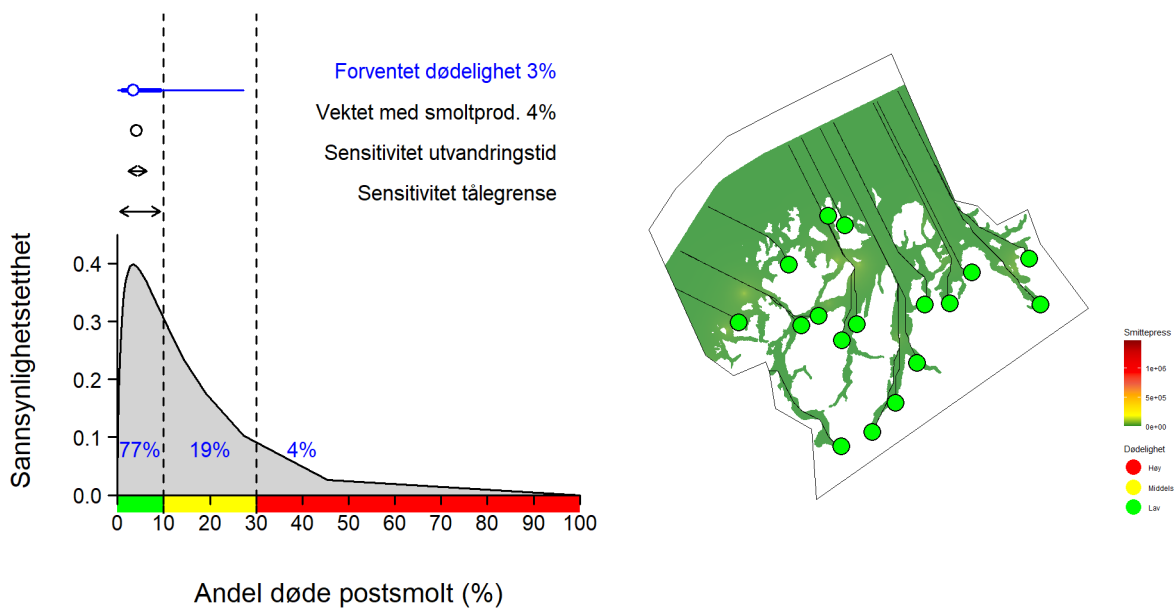
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	24	4 (1)	24 (24)	0 (0)	0 (0)
Nasjonale laksevassdrag	2	3 (1)	2 (2)	0 (0)	0 (0)
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	4 (1)	3 (3)	0 (0)	0 (0)
Små og sårbare	7	4 (1)	7 (7)	0 (0)	0 (0)
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

Produksjonsområde 11 omfatter 17 vassdrag. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 3 prosent og dermed i lav kategori (Figur 16). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «sannsynlig».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Dødelighetsestimatene var i lav kategori for alle bestandene i produksjonsområdet (Tabell 12, Figur 16).



Figur 16. Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 11. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Tabell 13. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 12 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

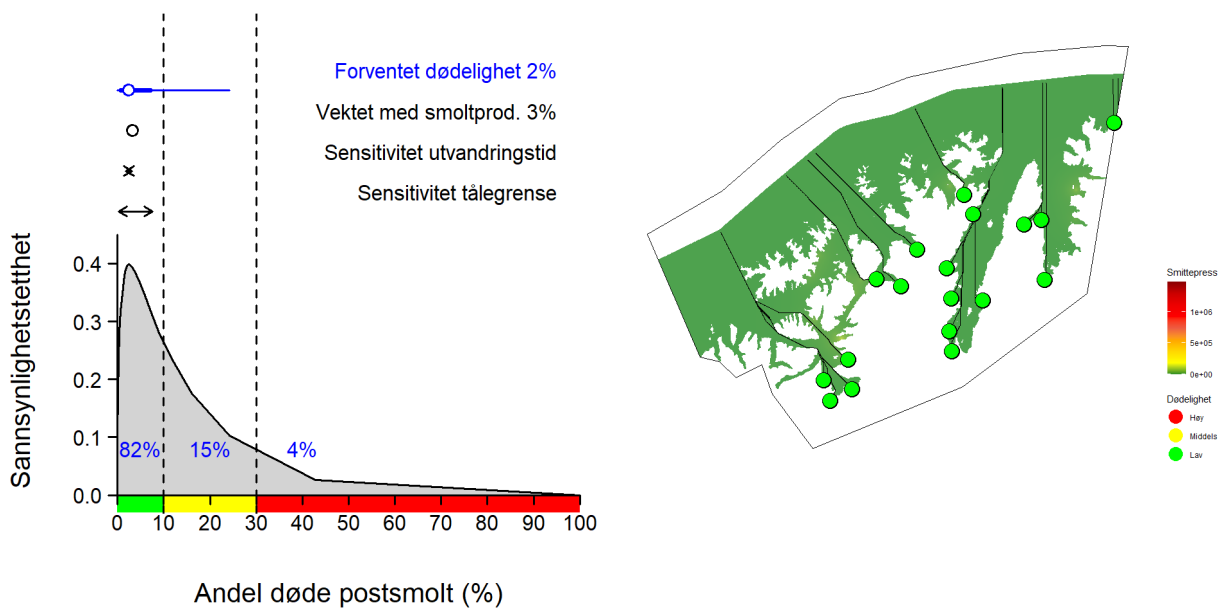
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	17	3	17	0	0
Nasjonale laksevassdrag	2	5	2	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	3	5	3	0	0
Små og sårbare	1	7	1	0	0
Under reetablering	2	4	2	0	0

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Produksjonsområde 12 omfatter 18 vassdrag. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 2 prosent og dermed i lav kategori (Figur 17). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «sannsynlig».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringene i utvandringstid eller tålegrense.

Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 prosent for alle elvene i produksjonsområdet (Tabell 13, Figur 17).



Figur 17: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 12. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Justert dødelighet (fylt sort sirkel) er justert i henhold til observerte lusenivåer på postsmolt i produksjonsområdet. Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises justert gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: justert dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: justert dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandningsvei for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer justert dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Tabell 14. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 13 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

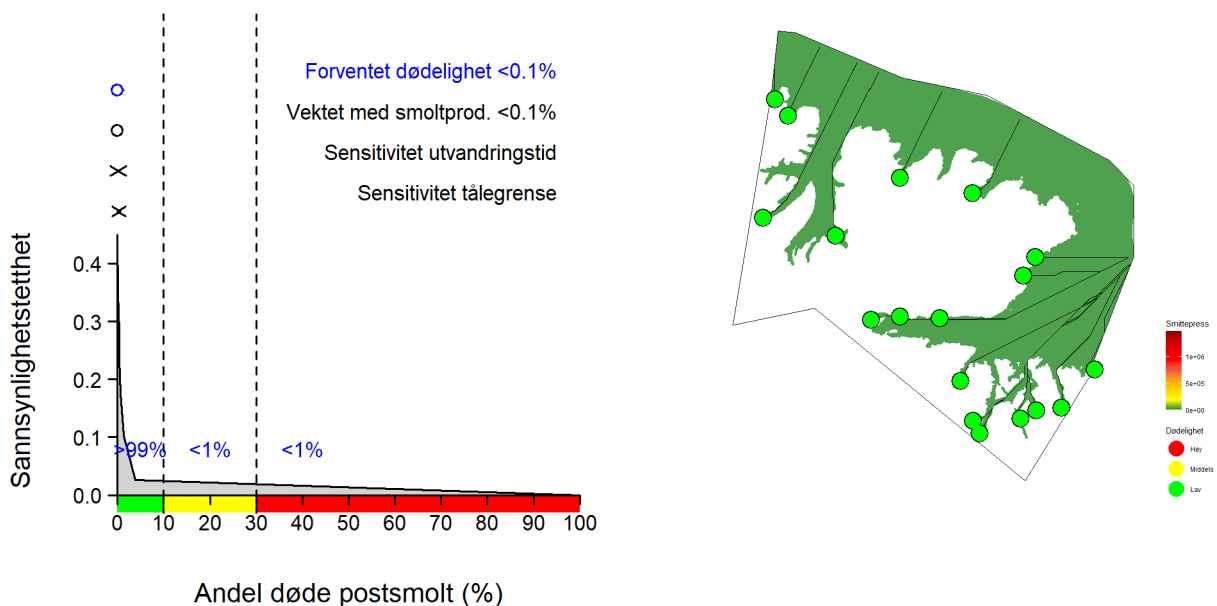
Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	18	2	18	0	0
Nasjonale laksevassdrag	5	2	5	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	0				
Små og sårbare	2	2	2	0	0
Under reetablering	0				

Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Produksjonsområde 13 omfatter 18 vassdrag. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var under 1 prosent og i lav kategori (Figur 18). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2023, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mer enn 99 prosent sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «svært sannsynlig».

Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid eller tålegrense.

Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 prosent for alle elvene i produksjonsområdet (Tabell 14, Figur 18).

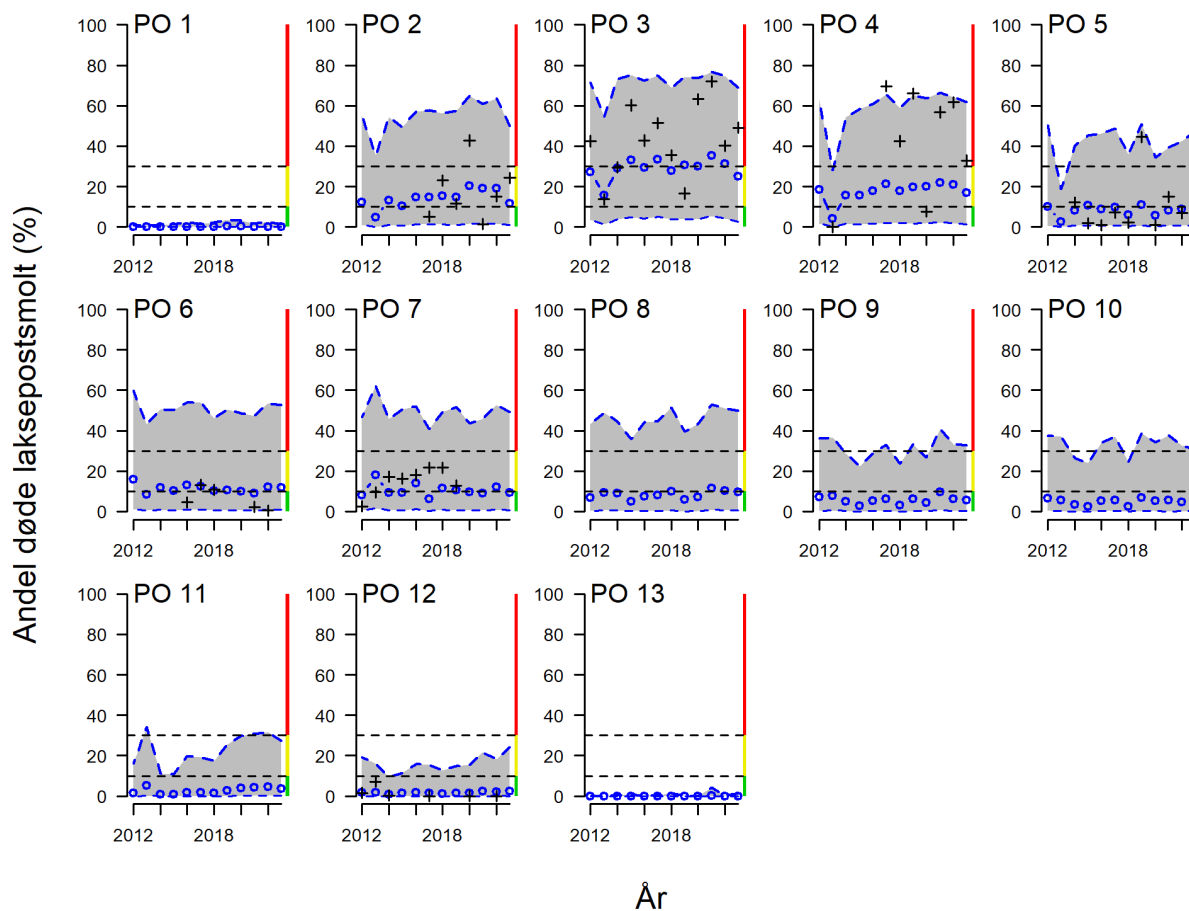


Figur 18. Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 13. Hovedtyngden av fordelingen er nær null. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Merk at sannsynlighetsfordelingen ikke er arealrett men viser medianen som toppunkt. Ovenfor vises fordelingsgjennomsnitt (blå sirkel; «forventet dødelighet»), 90 % intervall (tynn blå strek) og 50 % intervall (tykk blå strek). Dødeligheten er beregnet som gjennomsnittet blant elvene i produksjonsområdet. I tillegg vises gjennomsnitt vektet med elvenes smoltproduksjon (sort sirkel), sensitivitet for antatte utvandringstider (piler: dødelighet for ± 10 dager) og sensitivitet for antatte tålegrenser (piler: dødelighet for halvering eller dobling av tålegrenser). Kartet til høyre viser produksjonsområdet. Sorte linjer angir korteste utvandringstid for postsmolt fra vassdragsmunning til åpen sjø (12 nautiske mil fra grunnlinjen). Sorte ringer angir vassdragsmunning, og fargen inni ringen indikerer dødelighetsnivå (grønn under 10 %, gul mellom 10 % og 30 %, rød over 30 %). Bakgrunnsfargen i sjøområdene innenfor 12-milsgrensen viser gjennomsnittlig smittepress i ukene 21 til 26 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Tabell 14. Oppsummering av lakselusindusert dødelighet for produksjonsområde 13 samlet samt for ulike kategorier av sårbare og viktige vassdrag. Beregningene gjelder forventet dødelighet.

Vassdragskategori	Antall vassdrag	Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet i prosent	Antall vassdrag med 0-10 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 10-30 prosent dødelighet	Antall vassdrag med 30-100 prosent dødelighet
Produksjonsområdet samlet	18	<1	18	0	0
Nasjonale laksevassdrag	6	<1	6	0	0
Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial	2	<1	2	0	0
Små og sårbare	0				
Under reetablering	0				

Tidstrender



Figur 19: Beregnet luseindusert dødelighet (%) for hvert produksjonsområde og år. Gjennomsnittlig dødelighet i et område er regnet som gjennomsnitt over vassdrag. Beregningene er gjort for et forventet scenario (blå sirkler), i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen (stiplede blå linjer). Kryssene viser dødelighet justert til postsmoltobservasjonene for de enkelte år og produksjonsområder. Høyre akse og horisontale stipla linjer viser dødelighetsgrensene brukt i trafikklssystemet.

Tidstrendene for hvert produksjonsområde viser at dødelighetsanslagene justert til postsmoltobservasjonene varierer mye fra år til år (sorte kryss i Figur 19). For de fleste produksjonsområdene er den justerte dødeligheten noen år høyere enn og andre år lavere enn den forventede dødeligheten (blå sirkler i Figur 19). Det betyr at den forventede dødeligheten gir et godt bilde av dødeligheten sett over flere år, selv om dødeligheten i enkeltår er vanskelig å anslå fra smittepresset. I produksjonsområde 3 og 4 er imidlertid den justerte dødeligheten oftest høyere enn den forventede utfra smittepresset.

Siden tidsseriene er korte og variasjonen er stor, er det vanskelig å avgjøre i hvilken grad endringene vi ser skyldes statistiske tilfeldigheter, reelle trender, eller år-til-år-forskjeller i produksjonen, slik som alderssammensetningen til laksen i et produksjonsområde. Eksempelvis kan koordinert brakklegging i soner gi økt luseforekomst og spredning, når mesteparten av laksen i en sone har sitt andre år i sjø, biomassen er høy og lusepopulasjonene er godt etablerte, slik det er antydnet i Guarracino mfl. (2018). Selv om koordineringssonene er en del mindre enn produksjonsområdene, kan koordinert brakklegging gi en toårig syklus i overlappet

mellom høyt smittepress og villaksens utvandningsruter. Dette er en mulig forklaring på at lakselusindusert dødelighet i flere produksjonsområder har hatt topper og bunnpunkt annet hvert år (se PO2 og PO5).

For produksjonsområde 1 og 13 har den estimerte lakselusinduserte dødeligheten ligget under 10 prosent for alle år fra 2012 til 2023, også i det verste scenarioet.

For produksjonsområde 2 har den forventede lakselusinduserte dødeligheten ligget mellom 10 og 30 prosent siden 2014. Det er relativt godt med postsmoltdata fra smoltbur og trål i området de siste seks årene. Over tid samsvarer dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene godt med den forventede dødeligheten, men med store variasjoner fra år til år. I fire av de syv siste årene har den justerte dødeligheten vært i moderat kategori, i to år i lav og i ett år i høy.

For produksjonsområde 3 har den forventede lakselusinduserte dødeligheten i årene fra 2014 til 2023 variert rundt 30 prosent. Det er relativt godt med postsmoltdata fra smoltbur og trål i området. Dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene har vært over den forventede dødeligheten i åtte av ti år siden 2012. I åtte av de ni årene siden 2014 har den justerte dødeligheten vært i høy kategori og i to år i moderat kategori.

For produksjonsområde 4 har den forventede dødeligheten i årene fra 2014 til 2023 vært mellom 10 og 30 prosent. Det er relativt mye postsmoltdata fra smoltbur og trål fra deler av produksjonsområdet (Sognefjorden) fra de siste seks årene. Dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene har ofte vært vesentlig over den forventede dødeligheten. I seks av de siste syv årene har den justerte dødeligheten vært i høy kategori, i ett år (2020) i lav.

For produksjonsområde 5 har den forventede dødeligheten siden 2014 vært rundt 10 prosent og vekslet mellom kategoriene lav og moderat. Det fins postsmoltdata fra trål og/eller smoltbur fra de samme årene. Dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene har i seks av de ti siste årene vært i lav kategori, i tre år (2014, 2021 og 2023) i moderat kategori og i ett år (2019) i høy kategori.

For produksjonsområde 6 har den forventede dødeligheten siden 2014 vært i moderat kategori, nær grensen til lav, unntatt i 2021, da dødelighetsanslaget var i lav kategori. Det fins postsmoltdata fra trål eller smoltbur fra fem av disse årene. I to av årene (2017 og 2018) var dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene i moderat kategori, i de tre andre årene (2016, 2021 og 2022) i lav kategori.

For produksjonsområde 7 har den forventede dødeligheten siden 2013 variert rundt 10 prosent og vekslet mellom kategoriene lav og moderat. Det fins postsmoltdata fra smoltbur fra årene 2012–2019. I to første av disse årene var dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene i lav kategori, i de påfølgende seks årene i moderat kategori.

For produksjonsområde 8 var den forventede dødeligheten i lav kategori i de fleste årene fra 2012 til 2022, men i moderat kategori i tre av årene (2018 og 2021–2022). For produksjonsområde 9, 10 og 11 var den forventede dødeligheten i lav kategori i alle årene fra 2012 til 2023. Det fins ikke postsmoltdata fra noen av disse produksjonsområdene, med unntak av produksjonsområde 10 i 2023. Dødelighetsanslaget justert til disse postsmoltdataene var noe lavere enn forventet utfra smittepresset.

For produksjonsområde 12 har den forventede dødeligheten vært lav i alle årene fra 2012 til 2023. Det fins postsmoltdata fra trål eller smoltbur fra seks av årene. Dødeligheten justert til postsmoltdataene var også i lav kategori.

Diskusjon

Denne rapporten presenterer en modell for risikovurdering (risikomodell) av luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt i 13 produksjonsområder for oppdrettslaks langs kysten (Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2022b). I risikomodellen er det smittepresset av lus med opphav fra oppdrettsfisk, som bidrar til lusepåslaget på vill laksepostsmolt. Vi beregner lusepåslag og luseindusert dødelighet for i alt 401 vassdrag, for årene 2012–2023. Vi beregner også usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusepåslag mellom produksjonsområder og år for et gitt smittepress. I tillegg beregner vi hvor sensitive dødelighetsanslagene er for sentrale modellantakelser: postsmoltens tålegrenser for lus og forskyvning av utvandringstidspunktene. For produksjonsområder med observasjoner av lusepåslag på postsmolt fra trål eller smoltbur, beregner vi også lakselusindusert dødelighet justert til disse observasjonene. Den justerte dødeligheten kan ses på som en ekstrapolasjon fra disse observasjonene til hele produksjonsområdet og hele utvandningsperioden for postsmolten. Presentasjonen av resultatene er delvis på aggregerte nivå, bestemt av produksjonsområdene, og delvis på enkeltvassdragsnivå. Resultatene for enkeltvassdrag oppsummeres også med hensyn på hvordan dødeligheten er for vassdrag som er spesielt viktige eller sårbare. På bakgrunn av en rekke antagelser som er gjort med hensyn til ulike prosesser i hendelseskjeden i risikomodellen, er det viktig å presisere at usikkerheten i estimatene er store, noe som reflekteres i resultatene. Dermed bør en legge størst vekt på hovedtrendene i resultatene, slik som dødelighetsnivået i et produksjonsområde sett over flere år. Her kan det nevnes at risikoen for luseindusert dødelighet av vill laksepostsmolt, slik dette er definert i risikomodellen, generelt avtar i de nordlige produksjonsområdene. Denne risikoen er også minimal for produksjonsområde 1, der det er liten og svært konsentrert oppdrettsvirksomhet. Tidstrendene viser at dette mønsteret har vært relativt stabilt over tid. Endelig synes vassdrag med lengst utvandningsrute gjennom oppdrettstette områder å gi størst risiko for luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt. I det følgende diskuteres noen av usikkerhetene som vurderes som mest betydelige for resultatene.

Tallfestingen av usikkerhet

Påslagsmodellen, som brukes til å beregne lusepåslag på utvandrende laksepostsmolt, er tilpasset sammenhengen mellom beregnet smittepress og observerte lusenivåer på laksepostsmolt fra trål. I tillegg bidrar data fra smoltbur til å tallfeste variasjonen i tid og sted i lusepåslag. Ved siden av smittepress, eksponeringstid og datatype (trål eller smoltbur), er det også en tilfeldig effekt i denne modellen. Den tilfeldige effekten fanger opp systematisk variasjon i lusepåslag mellom produksjonsområder og år, som ikke kan forklares gjennom det beregnede smittepresset. Årsaker til slik uforklart variasjon kan blant annet være predasjon på de pelagiske lusestadiene, hydrografiske forhold som påvirker kontakten mellom lakselus og fisk, ikke-modellerte kilder av lus og forenklinger gjort i modellen. Vi bruker den tilfeldige effekten til å undersøke hvordan den uforklarte variasjonen i lusepåslag propagerer videre i

modellen og fører til usikkerhet i tallfestingen av lakselusindusert dødelighet. Vi får da en sannsynlighetsfordeling som representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Den «forventede» dødeligheten er medianen i denne sannsynlighetsfordelingen, mens «beste» og «verste» scenarioer er 5- og 95-prosentilene. For produksjonsområder og år uten observasjoner av lusenivåer på postsmolt fra trål og/eller smoltbur, sammenfatter denne sannsynlighetsfordelingen sammen med sensitivitetsanalysene i stor grad det vi kan si om den forventede lakselusinduserte dødeligheten utfra vår modell og dataene som er tilgjengelige.

For produksjonsområder og år med observasjoner av lusenivåer på postsmolt fra trål og/eller smoltbur, gir den justerte dødeligheten tilleggsinformasjon som reduserer usikkerheten. Hvor mye usikkerheten reduseres, avhenger av hvor representative observasjonene er for den samlede populasjonen av utvandrende laksepostsmolt i hele produksjonsområdet og hele utvandningsperioden. Dersom observasjonene kun dekker en liten del av området og perioden, er den justerte dødeligheten lite representativ og gir lite tilleggsinformasjon. Dersom observasjonene dekker en stor andel av området og perioden, er den justerte dødeligheten mer representativ. Hvilken vekt man bør legge på den justerte i forhold til den forventede dødeligheten, avhenger derfor av representativiteten til observasjonene. Valgene i denne rapporten om å legge mest vekt på den justerte dødeligheten og å skjematisk redusere usikkerhetshetskategoriseringen med ett nivå dersom postsmoltobservasjoner foreligger, er gjort for transparens. Alternativt kunne vi kalkulert et vektet gjennomsnitt av den forventede og den justerte dødeligheten, der vektingen avhang av representativiteten til postsmoltobservasjonene. Beregningen av slike vekter ville imidlertid ikke være triviell og ville medført et nytt nivå av usikkerhet.

Usikkerheten for enkeltbestander er høyere enn usikkerheten på produksjonsområdenivå, men vanskelig å tallfeste utfra våre data. Dermed er også usikkerheten i heterogenitetsanalysene høy, men vanskelig å tallfeste. For noen enkeltbestander vil dødelighet beregnet utfra smittepresset være mest representativt, mens for andre vil dødelighet justert til postsmoltobservasjonene i produksjonsområdet være mest representativt. Generelt kan vi anta at dødeligheten justert til postsmoltobservasjonene vil være mest representativt for bestander med utvandningsruter nær postsmoltobservasjonene (vist med lilla og oransje punkter i kartfigurene).

Områder med mer eller mindre lakselus enn forventet utfra smittepresset

For alle produksjonsområder og år samlet, vil de justerte dødelighetene falle omtrent like ofte over som under de forventede dødelighetene. Dette er fordi de tilfeldige effektene i påslagsmodellen per definisjon skal være null i gjennomsnitt. For enkeltområder er imidlertid dette ikke nødvendigvis tilfellet, dersom det er systematiske mønstre i den uforklarte variasjonen. De justerte dødelighetene er for de fleste produksjonsområder omtrent like ofte over som under de forventede dødelighetene (Figur 19), og de tilfeldige effektene faller på begge sider av null (Figur 1). Dette betyr at det er i liten grad systematiske mønstre mellom produksjonsområder i den uforklarte variasjonen. Det er heller ikke åpenbare trender i tid. Unntak er imidlertid produksjonsområde 3 og 4, der modellen ser ut til å underestimere antallet lus på postsmolt. I disse områdene ligger de faktiske lusetallene oftest over det som forventes utfra smittepresset; for produksjonsområde 4 ofte rundt det verste scenarioet i modellen. Hovedvekten av postsmoltdataene fra produksjonsområde 3 er fra Hardangerfjorden mens hovedvekten av postsmoltdataene fra produksjonsområde 4 er fra Sognefjorden. En mulig forklaring på dette avviket er at luselarvene spres over større avstander enn i andre

områder på grunn av topografien og strømmønsteret i disse fjordene. Vi kan selvfølgelig ikke utelukke at det også er systematiske forskjeller i enkelte av de områdene der vi har lite eller ingen postsmoltdata, slik som produksjonsområde 8–11. Postsmoltdataene fra produksjonsområde 10 i år er derfor verdifulle og gir ingen indikasjon på et stort avvik mellom modellert og observert lusenivå.

Sensitivitet for modellantakelser

Ved å kalibrere modellen til lusenivåer på trålfanget vill laksepostsmolt, antar vi at den trålfangede fisken er representativ for den samlede bestanden av utvandrende vill laksepostsmolt. Hadde vi kalibrert modellen til lusenivåer på kultivert laksepostsmolt fra smoltbur, som før 2022, ville vi fått langt lavere anslag for lusepåslag og luseindusert dødelighet.

Forskjeller i kalibreringsdata kan forklare noe av de systematiske forskjellene vi tidligere har sett i prediksjonene til forskjellige virtuell-smoltmodeller brukt i Trafikklyssystemet. Havforskningsinstituttets virtuell-smoltmodell, som har blitt kalibrert mot tråldata, har ofte estimert høyere lakselusindusert dødelighet enn Veterinærinstituttets og SINTEFs virtuell-smoltmodeller, som har blitt kalibrert mot smoltburdata (se f.eks. Vollset mfl. 2021b). Ekspertgruppen har ofte lagt stor vekt på lusenivået i tråldataene og konkludert med høyere lakselusindusert dødelighet enn predikert av de tidligere versjonene av Veterinærinstituttets modell. Nivået av lakselusindusert dødelighet predikert fra den reviderte versjonen av Veterinærinstituttets modell kalibrert mot tråldata, er imidlertid konsistent med ekspertgruppens konklusjoner for tidligere år (Stige mfl. 2022b).

Tråldataene er trolig mer pålitelige enn smoltburdataene fordi de måler lusenivået på et utvalg av den fisken vi skal anslå luseindusert dødelighet for. Det er derimot usikkert i hvilken grad lusepåslaget på kultivert postsmolt i stasjonære smoltbur representerer lusepåslaget på aktivt svømmende, vill laksepostsmolt. Fisken i smoltburene eksponeres bare for luseparvene som driver gjennom burene med vannstrømmene, mens eksponeringen for villfisken avhenger av fiskens svømmeadferd og hvordan luseparvene aggregeres vertikalt og horisontalt. Det kan også være at egenskaper til den kultiverte fisken eller fiskens adferd i burene påvirker lakselusens evne til å lokalisere og infestere fisken. Smoltburene er derfor først og fremst brukt for å sammenlikne hvordan lusepåslaget varierer i tid og rom. Det er imidlertid også usikkerhet knyttet til hvor representative tråldataene er. Tråldataene kan overestimere lusepåslaget hvis postsmolt med mye lus lettere blir fanget i trålen enn postsmolt med få lus på grunn av lavere svømmevitesse (Wagner mfl. 2003, Wagner mfl. 2008, Bui mfl. 2016) eller avvikende svømmeadferd, eller hvis individuell variasjon i utvandringsevne av andre årsaker gjør at fisk som forblir lenge i kystnære områder blir overrepresentert i fangstene samtidig som de blir eksponert for mye lus. Eventuell feilregistrering av tidlige stadier av skottelus som lakselus kan også gi en overestimering av lakselusepåslaget. På den andre siden er det sannsynlig at noen av lakselusene på den trålfangede fisken faller av før telling, noe som vil bidra til underestimering av lusepåslaget.

Antakelsene om fiskens tålegrenser for lakselus (Tabell 1, basert på Taranger mfl. 2015) har stor betydning for beregningen av lakselusindusert dødelighet (Kristoffersen mfl. 2018). Sensitivitetsanalysene viste at en dobling eller halvering av tålegrensene i mange tilfeller ville endret kategorien for lakselusindusert dødelighet (lav, moderat, høy). Disse sensitivitetsanalysene kaster også lys over betydningen av antakelsen om at 40 prosent av lusene dør eller faller av før de når de mest skadelige, bevegelige stadiene (Stien mfl. 2004,

Wagner mfl. 2008). Denne antakelsen er usikker fordi vi har mangelfull kunnskap om dødeligheten til fastsittende lakselus under naturlige forhold. Fjerning av denne korreksjonen ville gitt bortimot samme økning i den beregnede dødeligheten som å redusere tålegrensene til det halve.

Antakelsene om utvandringstidspunkt har også betydning, fordi smittepresset fra oppdrett ofte stiger markant utover våren og sommeren. Sensitivitetsanalysene viste at en forskyving av utvandringen med ± 10 dager i enkelte produksjonsområder ville endret kategorien for lakselusindusert dødelighet. Disse funnene er i tråd med tidligere sensitivitetsanalyser (Kristoffersen mfl. 2018), som også viste at forlenging eller forkorting av utvandningsperioden hadde tilsvarende virkninger på den beregnede dødeligheten som forskyvinger av utvandningsperioden.

Antakelsene om svømmehastighet hadde stor betydning for tidligere versjoner av modellen som var kalibrert mot smoltburdata (Kristoffersen mfl. 2018), men er av liten betydning når modellen er kalibrert mot tråldata (Stige mfl. 2022b). Dette er fordi de samme antakelsene om svømmehastighet gjøres for beregningen av smitteeksponeringen for den trålfangede fisken modellen kalibreres mot, som for den virtuelle postsmolten vi beregner dødelighet for.

Utvandringsruten kan i enkelte tilfeller ha stor betydning for om fisken passerer områder med høye smittepress eller ikke. Smittepresset, slik det beregnes i risikomodellen, er imidlertid relativt jevnt fordelt i lokale kystfarvann. Noe avvikende utvandningsrute vil derfor være av begrenset betydning.

En usikker antakelse i påslagsmodellen er hvorvidt påslagsraten, det vil si andelen av smittsomme lakseluslarver som fester seg til en fisk, er konstant eller minker med økende konsentrasjoner av lakseluslarver (Stige mfl. 2022b). Vi har her anslått denne sammenhengen fra dataene, som tyder på minkende påslagsrate med økende smittepress. Dersom vi hadde fiksert påslagsraten til å være konstant, ville vi fått noe høyere estimater for produksjonsområder med lakselusindusert dødelighet over ca. 10 prosent (Stige mfl. 2022b).

Vi gjør ingen betraktninger av hvilken effekt den beregnede luseinduserte dødeligheten har på bestandstilveksten av villaks. Det er imidlertid vist at risikomodellens sluttprodukt, beregnet dødelighet av vill laksepostsmolt, har forklaringskraft på observert innsig av gytefisk til norske elver (Vitenskapelig råd for norsk lakseforvaltning 2019). Samtidig tydet sammenlikningen med innsig på at modellen tidligere underestimerte dødeligheten. Det er ikke gjort noen sammenlikning mellom innsig og dødelighet predikert fra den reviderte modellen som er kalibrert mot tråldata.

Konklusjon

Denne rapporten presenterer en modell for kvantitativ risikovurdering av luseindusert dødelighet av utvandrende vill laksepostsmolt, der smitten har opprinnelse i oppdrett. Alle prosessene i kjeden av skisserte hendelser er gjennomsiktige og dokumenterbare, og vurderingene tar hensyn til varierende påslagsrater av kopepoditter og varierende utvandringstider. Dermed kan vi presentere estimater for luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag i Norge for perioden 2012 til 2023 og vi kan kvantifisere viktige deler av usikkerheten i disse estimatene. Modellen assimilerer også siste års observasjoner av lusenivåer på postsmolt fra trål og smoltbur i de enkelte produksjonsområder og beregner dødelighet justert til disse observasjonene. Selv om modellresultatene er

beheftet med store usikkerheter, mener vi at risikomodellen er egnet til å integrere de tilgjengelige data og kunnskap for beregning av lakselusindusert dødelighet.

Referanser

- Aldrin, M., 2016. Havforskningsinstituttets spredningmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, 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.
- Bui, S., Dempster, T., Remen, M., Oppedal, F., 2016, Effect of ectoparasite infestation density and life-history stages on the swimming performance of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquacult. Environ. Interact.*, 8, 387-395.
- Forseth, T., Barlaup B. T., Finstad, B., Fiske, P., Gjøsæter, H., Falkegård, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H., Thorstad, E.B., Vøllestad, L.A., Wennevik, V., 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. *ICES J. Mar. Sci.*, doi:10.1092/icesjms/fsx020.
- Guarracino, M., Qviller, L., Lillehaug, A., 2018. Evaluation of aquaculture management zones as a control measure for salmon lice in Norway. *Dis. Aquat. Org.*, 130, 1-9.
- Halttunen, E., Gjelland, K. Ø., Glover, K. A., Johnsen, I. A., Serra-Llinares, R. M., Skaala, Ø., Nilsen, R., Bjørn, P. A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Skilbrei, O. T. (2018) Migration of Atlantic salmon post-smolts in a fjord with high infestation pressure of salmon lice. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 592, 243-256
- 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. *Aquacult. Environ. Interact.*, 11, 429-443.
- Jensen JLA, Strøm JF, Nikolopoulos A, Primicerio R, Skarðhamar J, Atencio BJ, Strand JET, Bjørn PA, Bøhn T (2022) Micro- and macro-habitat selection of Atlantic salmon, *Salmo salar*, post-smolts in relation to marine environmental cues. *ICES J. Mar. Sci.*, 79,1394-1407
- 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.
- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Viljugrein, H., Helgesen, K.O., Jansen P.A., 2017a. Produksjon av lakselus i oppdrett, estimert lusepåslag og vurdering av luseindusert dødelighet for villaks innen produksjonsområder for oppdrettslaks. Veterinærinstituttet 2017, Rapport-8.
- Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Viljugrein, H., Helgesen, K. O., Jansen P. A., 2017b. Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks. Veterinærinstituttet 2017, Rapport-23.

- Nilsen, R., Serra-Llinares, R. M., Sandvik, A. D., Uglem, I., Lehmann, G. B., Karlsen, Ø., Uglem, I., Tonstad, A., Ambjørndalen, V., Lehmann, G. B., Skår, B., 2023. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk våren 2023. Rapport fra havforskningen 2023-28.
- Nærings- og fiskeridepartementet, 2015. Forutsigbar og miljømessig bærekraftig vekst i norsk lakse- og ørretoppdrett. Meld. St. 16 (2014-2015).
- Qviller, L., Helgesen, K.O., Stige, L.C., 2020. Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2020. Veterinærinstituttet 2020, Rapport-17.
- Samsing F., Oppedal F., Dalvin S., Johnsen I., Vågseth T., Dempster T, 2018. Corrigendum: Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 75, 329.
- Samsing F., Oppedal F., Dalvin S., Johnsen I., Vågseth T., Dempster T, 2016. Salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) development times, body size, and reproductive outputs follow universal models of temperature dependence. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 73, 1841-1851.
- Stien, A., Bjørn, P. A., Heuch, P. A., Elston, D. A., 2005. Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. Mar. Ecol. Prog. Ser. 290, 263-275.
- 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. Aquacult. Environ. Interact. 13, 339-361.
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Qviller, L. 2022a. Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2022. Veterinærinstituttet. VI rapport 35/2022.
- Stige, L. C., Helgesen, K. O., Viljugrein, H., Qviller, L. 2022b. Modelling salmon lice-induced mortality of wild salmon post-smolts is highly sensitive to calibration data. Aquacult. Environ. Interact., 14, 263-277.
- Taranger, G. L., Karlsen, O., 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, C., Svåsand, T., 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. ICES J. Mar. Sci., 72(3), 997-1021.
- Thorstad, E.B., Bergh, Ø., Bøhn, T., Fiske, P., Forseth, T., Stige, L.C., Vollset, K.W. 2022. Vurdering av kriterier for å vekte laksebestander i Trafikklyssystemet. Rapport fra Ekspertgruppe for vurdering av kriterier for vektning av bestander.
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. H., Finstad, B., 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. J. Fish Biol. 81, 500 - 542.
- Ugedal, O., Barlaup, B., Finstad, B., Skaala, Ø., Sæggrov, H., Vollset, K. V., 2019. Appendiks 1b: Utvandringstidspunkt for laksesmolt i Norge ved vurdering av lakselusindusert dødelighet på smolt av villaks. Appendiks til Ekspertgruppens hovedrapport 2019.
- Vitenskapelig råd for norsk lakseforvaltning, 2019. Status for norske laksebestander i 2019. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 12.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning, 2020. Råd om beskatning av laks i sjølaksefiske. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 14.

Vollset, K.W., Barlaup, B.T., Mahlum, S., Bjørn, P.A., Skilbrei, O.T., 2016, Estimating the temporal overlap between post-smolt migration of Atlantic salmon and salmon lice infestation pressure from fish farms. *Aquacult. Environ. Interact.*, 8, 511-525.

Vollset, K.W., Lennox, R.J., Lamberg, A., mfl., 2021a. Predicting the nationwide outmigration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts along 12 degrees of latitude in Norway. *Divers Distrib.* 27: 1383-1392.

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

Vollset, K.W., Nilsen, F., Ellingsen, I., Karlsen, Ø., Paterson, R.A., Qviller, L., Skardhamar, J., Stige, L.C., Sægvog, H., Ugedal, O., Dalvin, S. 2023. Produksjonsområdebasert vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet i 2023. Rapport fra ekspertgruppe for vurdering av lusepåvirkning.

Vose, D., 2000. Risk analysis. A quantitative guide. Chichester: John Wiley & Sons.

Wagner, G.N., McKinley, R.S., Bjørn, P.A., Finstad, B., 2003, Physiological impact of sea lice on swimming performance of Atlantic salmon. *J. Fish. Biol.*, 62, 1000-1009.

Wagner, G.N., Fast, M.D., Johnson, S.C., 2008, Physiology and immunology of *Lepeophtheirus salmonis* infections of salmonids. *Trends. Parasitol.*, 24, 176-183.

Vedlegg 1. Vassdragstabell.

Under er en lenke til tabeller med beregninger av lusepåslag og luseindusert dødelighet for vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag fra NINA's vassdragsdatabase for årene 2012 til 2023.

Kolonneforklaringene i tabellen er:

- Kolonne 1, År.
- Kolonne 2, ID: Vassdragsnummer i REGINE-systemet for hovedvassdrag (har ikke nummerert sidevassdrag i denne fila, selv om de kan ha egne nummer i REGINE-systemet). Det eneste stedet hvor denne lista avviker fra REGINE-systemet er for Norddalselva i Åfjord som vi har gitt vårt «eget» nummer 135.Zb, men som i REGINE-systemet er angitt sammen med Stordalselva 135.Z, siden de to vassdragene renner ut i flomålet på samme sted.
- Kolonne 3, Objektnavn: Navn på vassdraget. For de fleste vassdrag er en kortform benyttet. Navnet på vassdrag er ikke unikt, mens vassdragsnumrene er unike. Det kan finnes flere synonyme navn på samme vassdrag (lokale vil ikke oppfatte navnene som synonyme), det er litt tilfeldig hvilket navn som er brukt her.
- Kolonne 4, PO: Produksjonsområde
- Kolonne 5, Smp: Beregnet gjennomsnittlig smittepress som postsmolten eksponeres for under utvandring langs utvandringsruten ved midlere utvandringsdato
- Kolonne 6, lengde: Utvandringsdistanse fra elveutløp til hav (antall 100-m piksler)
- Kolonne 7, Ant: Antall lus per fisk ved midlere utvandringsdato forventet utfra smittepresset
- Kolonne 8, AntJ: Antall lus per fisk ved midlere utvandringsdato justert til observasjonene av lus på postsmolt fra trål og/eller smoltbur i det gitte produksjonsområdet og året
- Kolonne 9, AntB: Antall lus per fisk ved midlere utvandringsdato i et beste scenario (5 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress)
- Kolonne 10, AntV: Antall lus per fisk ved midlere utvandringsdato i et verste scenario (95 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress)
- Kolonne 11, Døde; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, forventet utfra smittepresset
- Kolonne 12, DødeJ; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, justert til postsmoltobservasjonene
- Kolonne 13, DødeB; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, beste scenario
- Kolonne 14, DødeV; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte, verste scenario
- Kolonne 15, Kategori; Hvilke kategorier av viktige og sårbare bestander vassdraget eventuelt faller innenfor (NL, Nasjonalt laksevassdrag; GB, Dårlig eller svært dårlig tilstand gytebestandsmål og høstingspotensial; S, Små og sårbare; R, Under reetablering)

Vedlegget finnes på nettsiden:

<https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2023/risikomodel-for-quantifisering-av-luseindusert-dodelighet-pa-villaks-for-2023/vedlegg>

Vedlegg 2. PO-tabell.

Under er en lenke med tabeller med beregnede lusepåslag og luseindusert dødelighet i alle produksjonsområder og år fra 2012 - 2023 (se Tabell 2 for forklaring; uvektet gjennomsnitt og vektet gjennomsnitt over vassdrag er markert med henholdsvis «.gj» og «.vgj» i slutten av kolonnenavnet). Kolonneforklaringene i tabellen er:

- Kolonne 1, År.
- Kolonne 2, PO: Produksjonsområde
- Kolonne 3, Ant: Antall lus per fisk ved midlere utvandningsdato forventet utfra smittepresset
- Kolonne 4, AntJ: Antall lus per fisk ved midlere utvandningsdato justert til observasjonene av lus på postsmolt fra trål og/eller smoltbur i det gitte produksjonsområdet og året
- Kolonne 5, AntB: Antall lus per fisk ved midlere utvandningsdato i et beste scenario (5 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress)
- Kolonne 6, AntV: Antall lus per fisk ved midlere utvandningsdato i et verste scenario (95 prosentilet av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress)
- Kolonne 7, Døde.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag forventet utfra smittepresset
- Kolonne 8, DødeJ.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag, justert til postsmoltobservasjonene
- Kolonne 9, DødeB.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag, beste scenario
- Kolonne 10, DødeV.gj: Uvektet gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag, verste scenario
- Kolonne 11, Døde.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag forventet utfra smittepresset vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene
- Kolonne 12, DødeJ.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene, justert til postsmoltobservasjonene
- Kolonne 13, DødeB.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene, beste scenario
- Kolonne 14, DødeV.vgj: Gjennomsnittlig dødelighet per vassdrag vektet med potensiell smoltproduksjon i vassdragene, verste scenario

Vedlegget finnes på nettsiden:

<https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2023/risikomodel-for-quantifisering-av-luseindusert-dodelighet-pa-villaks-for-2023/vedlegg>

Frisk fisk



Sunne dyr



Trygg mat



Faglig ambisiøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!



Veterinærinstituttet
Norwegian Veterinary Institute

Ås

Trondheim

Sandnes

Bergen

Harstad

Tromsø

postmottak@vetinst.no
www.vetinst.no