



Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2022



Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2022

Forfattere

Leif Christian Stige, Kari Olli Helgesen og Lars Qviller

Forslag til sitering

Stige, L.C., Helgesen, K.O., Qviller, L. 2022. Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks for 2022. Veterinærinstituttet. VI rapport 35/2022.

© Veterinærinstituttet, kopiering tillatt når kilde gjengis

Publisert

2022 på www.vetinst.no

ISSN 1890-3290 (elektronisk utgave)

© Veterinærinstituttet 2022

Oppdragsgiver eller Samarbeidspartner

Nærings- og fiskeridepartementet

Kolofon

Design omslag: Reine Linjer

Foto forside: Lakselus sett i elektronmikroskop (bildet er fargelagt). Foto: Jannicke Wiik-Nielsen, Veterinærinstituttet.

www.vetinst.no

Innhold

Sammendrag	3
Innledning	4
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
Endringer fra fjorårets trafikklysanalyser	11
Vurdering av status i produksjonsområdene	12
Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren	14
Produksjonsområde 2: Ryfylke	15
Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra	16
Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt.....	17
Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika	18
Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag	19
Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal	20
Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø.....	21
Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen.....	22
Produksjonsområde 10: Andøya til Senja	23
Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa.....	24
Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark	25
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark	26
Tidstrender	27
Diskusjon	29
Tallfestingen av usikkerhet.....	29
Områder med mer eller mindre lakselus enn forventet utfra smittepresset	30
Sensitivitet for modellantakelser	30
Konklusjon	32
Referanser	33
Vedlegg 1. Vassdragstabell.....	35
Vedlegg 2. PO-tabell.....	36

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 - 2022. 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 2022 var over 30 % i produksjonsområder 3 og 4, mellom 10 % og 30 % i produksjonsområder 2, 7 og 8 og under 10 % 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 dødelighetsnivået 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. Et unntak er produksjonsområde 4, der lusenivået observert på postsmolt generelt er høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi.

Modellen er oppdatert siden fjorårets trafikklysanalyser på bakgrunn av at data fra trålfanget postsmolt med genetisk bestemt opphavselv er blitt tilgjengelige for analysene. Tidligere år har modellen vært kalibrert mot observasjoner av lusepåslag på postsmolt i smoltburforsøk. Modellen er nå kalibrert mot lusenivået i tråldataene, da disse dataene måler lusepåslaget på den utvandrende laksepostsmolten mer direkte enn hva burdataene gjør. Reestimering av lakselusindusert dødelighet for årene 2012-2021 med nye modellforutsetninger gir godt samsvar mellom modellprediksjoner på produksjonsområdenivå og ekspertgruppens konklusjoner for de samme årene. Tidligere år var modellprediksjonene ofte lavere enn ekspertgruppens konklusjoner, som la stor vekt på trålobservasjonene.

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 (risikomodel) for lusepåslag og luseindusert dødelighet hos utvandrende vill laksepostsmolt fra 401 vassdrag. Risikomodelen beskrives i Kristoffersen mfl. 2018 og Stige mfl. 2022. Hovedelementene som inngår i risikomodelen er først data om vassdragene, herunder beregnet potensial for produksjon av smolt og utvandringstider, opparbeidet av NINA (Forseth mfl. 2017, Ugedal mfl. 2019); 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).

Ved utvikling av risikomodelen har det vært et mål at alle prosesser som inngår i kjeden av skisserte hendelser, fra smitteproduksjon i oppdrett til luseindusert dødelighet hos vill laksepostsmolt, i størst mulig grad skal være utledet fra empiriske data. Imidlertid er store deler av den beskrevne hendelseskjeden i risikomodelen 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). Utvandrende vill laksespostmolt 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 laksespostmolt fanget i trål. Regresjonsmodellen bruker også lakselusdata fra kultivert laksespostmolt 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 laksespostmolten. Modellen er beskrevet i detalj i Kristoffersen mfl. 2018, Stige mfl. 2021 og Stige mfl. 2022. Sensitivitetsanalyser for ulike antakelser som styrer prosessene i risikomodellen finnes i Kristoffersen mfl. 2018 og Stige mfl. 2022. Oppdaterte sensitivitetsanalyser og endringer i modellforutsetninger fra fjorårets trafikklýsarbeid 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.

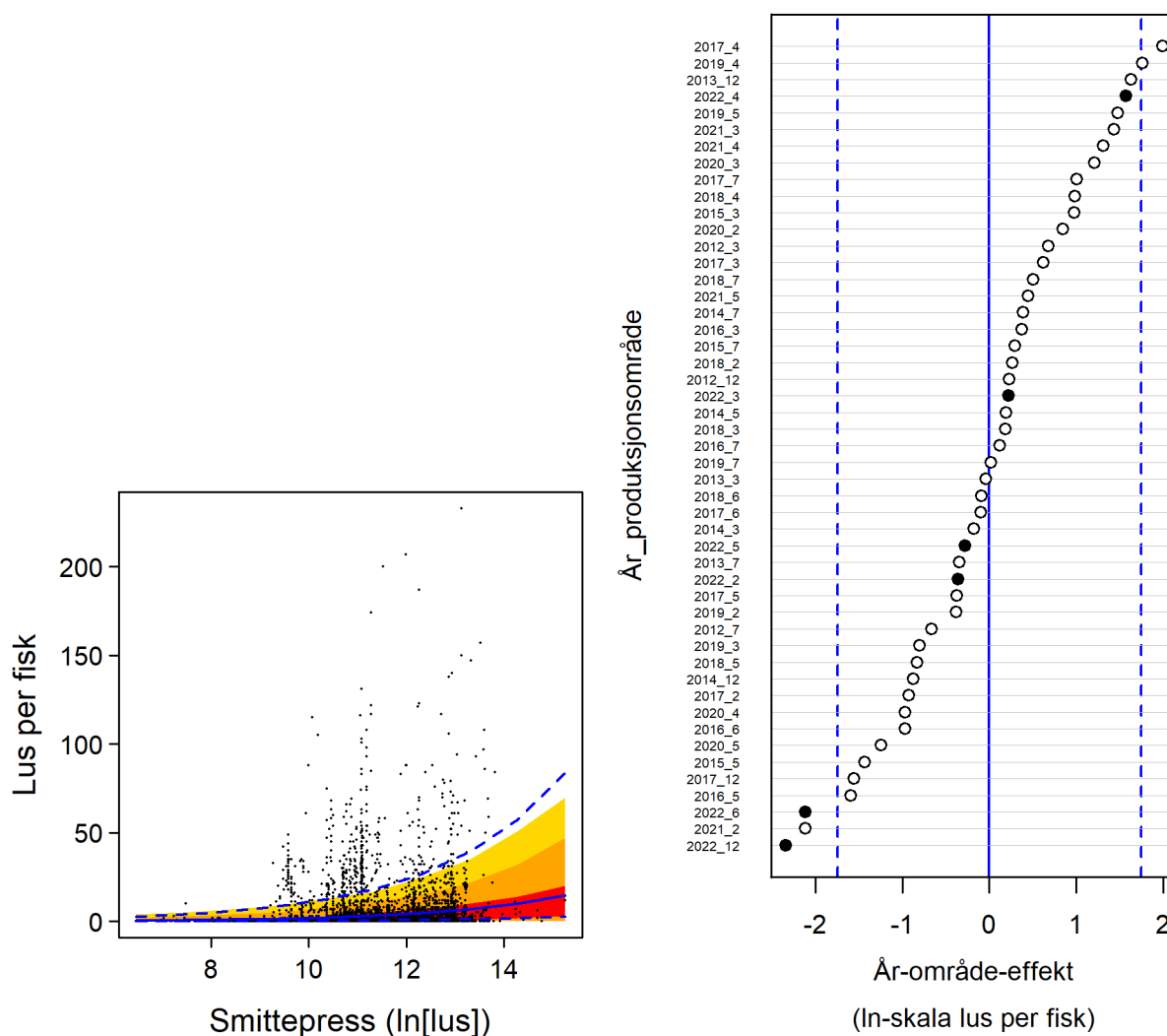
Smittepressmodellen ble oppdatert i 2021 på bakgrunn av ny kunnskap om hvordan smittetrykket avtar med avstanden fra smitteskildene, og hvordan sjøtemperaturen påvirker produksjonen av lakseluslarver og lakseluslarvenes evne til å feste seg på postsmolten (Stige mfl. 2021). Spesifikt bruker vi nå en 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. 2022).

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. 2022, <https://www.nmdc.no>). For å beregne smittepresset for den trålfangede postsmolten, har vi antatt at fisken ble fanget på det kalkulerte 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 kalkulerte 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 2017–2022 og i smoltburforsøk fra perioden 2012–2022. 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). Vi antok at forholdet mellom lusepåslag på trålfisk og burfisk var et konstant tall, estimert til 9.1 (med 95 % konfidensintervall 8.6–9.6). 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 ($\theta = 0,88$). 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).



Figur 1. Venstre panel angir observert antall lus uansett livsstadium per fisk fra trål (punkter) plottet mot gjennomsnittlig smittepess under utvandringen. Blå heltrukken linje angir forventet antall påslåtte lusearver som funksjon av smittepess for en utvandringsvarighet på 7 dager. Blå stiplede linjer svarer til forventet antall påslåtte lusearver 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 smittepess. Det gule området angir 1 til 99 % kvantilen, det oransje angir 5 til 95 % kvantilen og det røde angir 25 til 75 % kvantilen. 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 2022 er vist med fylte sirkler.

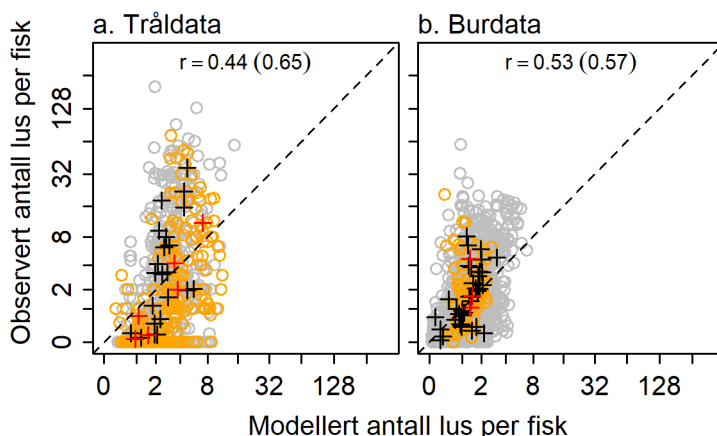
Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen fra burforsøkene varierte mellom -2,3 og 2,0 (enhet: naturlig logaritme av antall lakselus per postsmolt). Observerte fisk i PO4 hadde gjennomgående mer lakselus enn forventet utfra det beregnede smittepesset, noe som gir seg utslag i gjennomgående høye verdier for den tilfeldige effekten for PO4 (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 underestimering av lusepåslag i disse områdene. De tilfeldige effektene er antatt å være normalfordelt med en estimert varians, her estimert til 1,12.

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 $\pm 1,74$ (90 % konfidensintervall for tilfeldig effekt). Dette svarer til å multiplisere eller dividere det forventede luseantallet med 5,7. 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).

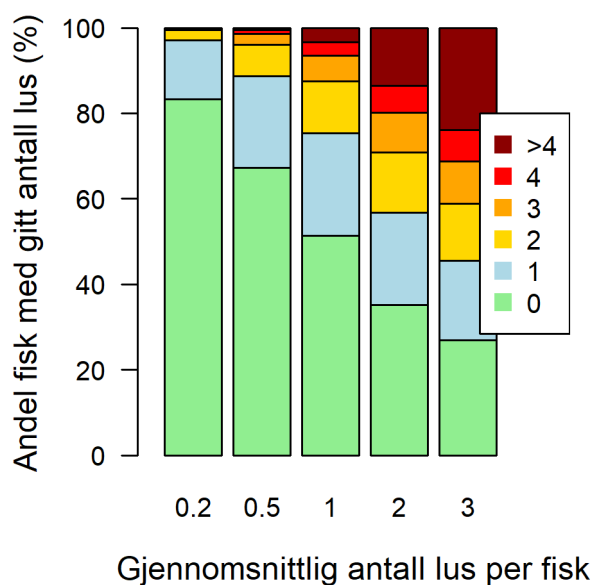


Figur 3: Antatt vandringsrute for laksepostsmolt fra 401 vassdrag langs kysten, som korteste vei fra utløp i sjø til 12-mils grensen i hav.

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 % 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 utvandringruten. 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 % 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 %.

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 andelene ble så lineært interpolert mellom startdato og dato for midlere utvandring, og videre til sluttdato. Andelene 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 hovedscenariet. For å undersøke sensitiviteten til postsmoltens tålegrenser for lus, gjorde vi beregninger der tålegrensene i Tabell 1 ble omtrent halvert eller doblet. I scenariet 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 scenariet 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.

Endringer fra fjorårets trafikklysanalyser

Analysene i denne rapporten implementerer modelloppdateringer som er beskrevet i Stige mfl. (2022). Dette inkluderer følgende endringer fra analysene som ble presentert i fjorårets rapport:

- 1) Påslagsraten er kalibrert mot lusetall på utvandrende vill laksepostsmolt fanget i trål. I tidligere analyser har kalibreringen blitt gjort mot lusetall på kultivert postsmolt i smoltburforsøk. Kalibrering mot tråldata gir et mer direkte mål på lusepåslaget på utvandrende vill laksepostsmolt enn kalibrering mot smoltburdata, selv om det er usikkerheter knyttet til begge datakildene. Denne endringen medfører rundt 10 ganger høyere lusepåslag og en størrelsesorden høyere dødelighet for et gitt smittepress (Stige mfl. 2022).
- 2) Utvandringshastigheten til den virtuelle postsmolten er satt til 10 km per dag. Observasjoner av merket fisk viser stor variasjon innen og mellom bestander i utvandringprogresjon, med hastigheter både over og under 10 km per dag (Thorstad mfl. 2012, Vollset mfl. 2016, Halttunen mfl. 2018, Jensen mfl. 2022). I tidligere analyser ble utvandringshastigheten satt med en annen funksjon, som fastsatte hvor mange 100-meters kartpikslar utvandringruten krysset per dag. Det ble antatt en utvandringshastighet på 7 km per dag dersom utvandringen var parallelt med kartpikslene. Denne endringen medfører kun små endringer i dødelighetsestimater når påslagsraten kalibreres mot tråldata (Stige mfl. 2022).
- 3) Det korrigeres nå for at kalibreringsdataene hovedsakelig representerer tidlige lusestadier, mens det er de eldre lusestadiene som skader laksen mest (Stien mfl. 2005, Wagner mfl. 2008). Vi antar nå at 40 % av lusene faller av eller dør før de skader laksen. Denne endringen medfører 40 % lavere lusetall og tilsvarende reduksjoner i dødelighetsestimatene.
- 4) Det er gjort en mindre justering av den antatte sammenhengen mellom antall lus per fisk og lakselusindusert dødelighet. I årets rapport satt vi grensen for 100 % dødelighet til over 6 lus, mens vi i fjorårets rapport antok at 6 eller flere lus ga 100 % dødelighet. Ellers er det likt. Denne endringen er gjort for at oversetting av tålegrenser i lus per gram fiskevekt (Taranger mfl. 2015) til lus per fiskeindivid skal gjøres på en konsistent måte i de ulike modellene brukt i Trafikklyssystemet.
- 5) Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen tallfester nå variasjonen mellom kombinasjoner av produksjonsområde og år basert på data fra postsmolttråling og smoltburforsøk fra 2012 til 2022. I tidligere analyser tallfestet den tilfeldige effekten variasjoner mellom område, år og periode basert på data fra smoltburforsøk fra 2012 til 2020. Denne endringen gjør det mulig å beregne lakselusindusert dødelighet justert til observasjonene av lakselus på postsmolt i et gitt produksjonsområde og år (punkt 6).

- 6) I tillegg til å presentere den forventede dødeligheten hvor hvert produksjonsområde og år med beste og verste scenarioer, presenteres dødelighetsestimater som inkluderer den tilfeldige effekten. Ved å inkludere den tilfeldige effekten, justeres dødeligheten i henhold til observasjonene av lus på postsmolt fra smoltbur og/eller trål for det gitte produksjonsområdet og året.

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 % kvantilene i denne fordelingen, men vi viser også hele fordelingen og beregner sannsynligheten for at dødeligheten skal være i kategorien lav (0-10 %), moderat (10-30 %) eller høy (30-100 %).

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.

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 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.

Usikkerheten til konklusjonen vurderes på bakgrunn av den beregnede sannsynligheten for at dødeligheten er i den gitte kategorien utfra følgende skala:

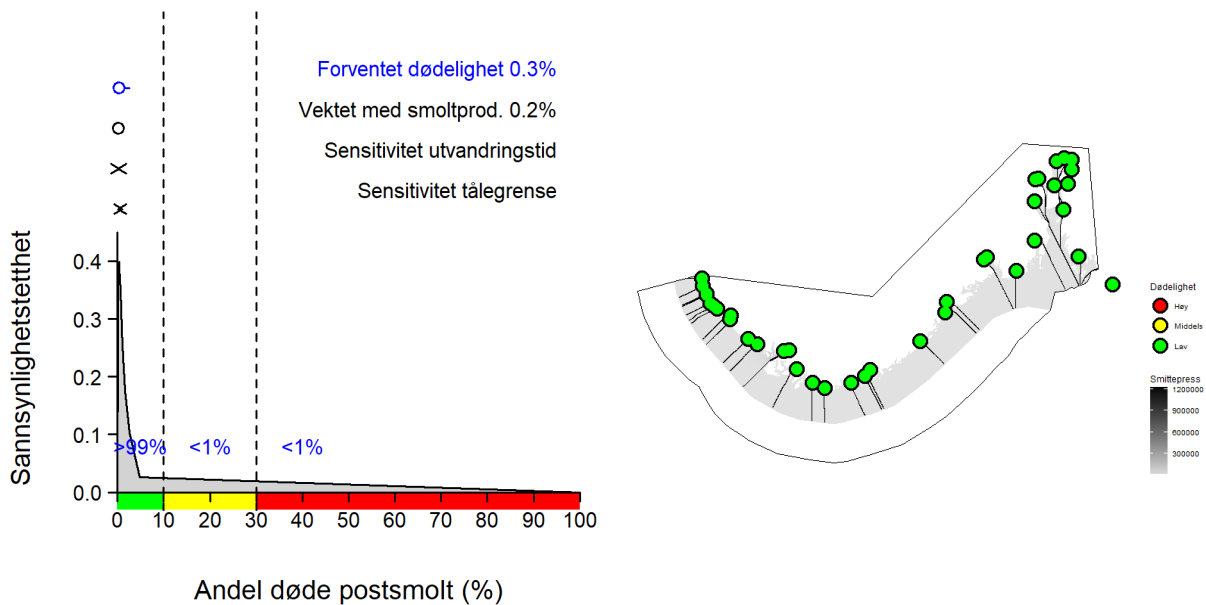
Usikkerhetskategori	Sannsynlighet for at dødeligheten er i gitt kategori
1. Svært sannsynlig	99-100 %
2. Veldig sannsynlig	90-99 %
3. Sannsynlig	66-90 %
4. Mer sannsynlig enn ikke	50-66 %
5. Mindre sannsynlig enn ikke	33-50 %

Dersom det foreligger observasjoner av lusenivåer på postsmolt i et produksjonsområde, er usikkerheten lavere enn det denne sannsynlighetsfordelingen 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.

Beregninger av påslag og luseindusert dødelighet på vassdragsnivå for 2012 til 2022 er vedlagt (Vedlegg 1). Beregningene oppsummert for produksjonsområde og år er også vedlagt (Vedlegg 2).

Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren

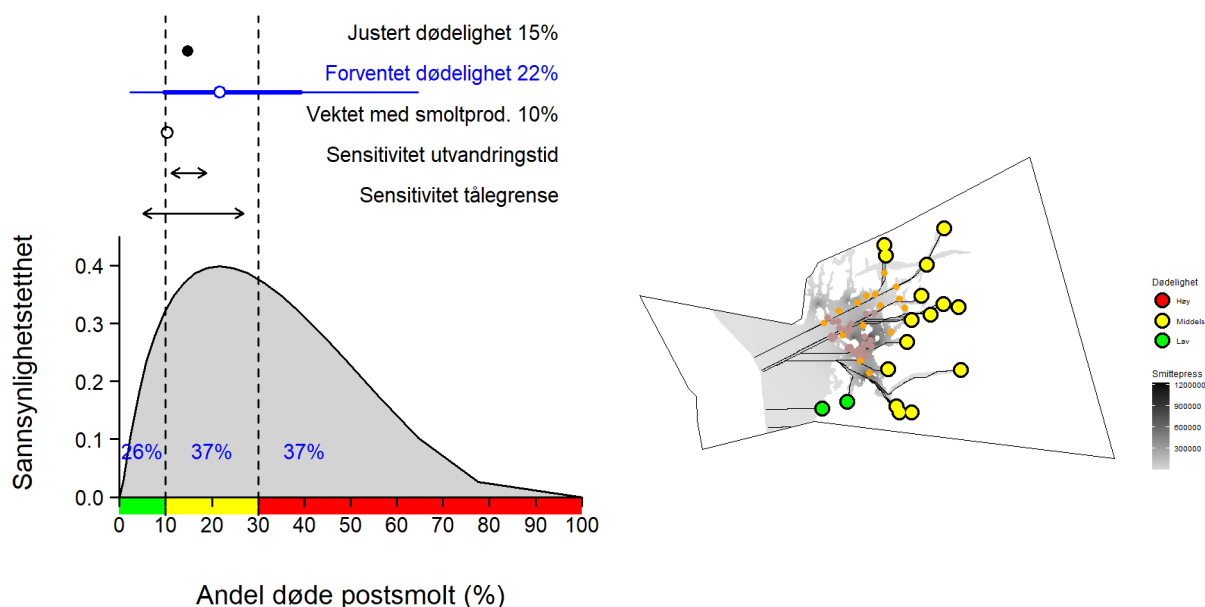
Produksjonsområde 1 omfatter 38 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten for alle vassdragene ble estimert til under 10 % (Figur 5). Produksjonen av lakselus i oppdrett innen dette produksjonsområdet er lav. Beregnet dødelighet var under 1 % for området, både for forventet dødelighet, gjennomsnittlig dødelighet vektet med smoltproduksjon og for ulike antakelser om utvandringstid og tålegrense (Figur 5). Vi anslo det som mer enn 99 % sannsynlig at dødeligheten var under 10 % (Figur 5). Beregningene tilsier derfor at det er svært sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori.



Figur 5. 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. Ovenfor vises fordelings 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 smoltproduksjonen (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: 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.

Produksjonsområde 2: Ryfylke

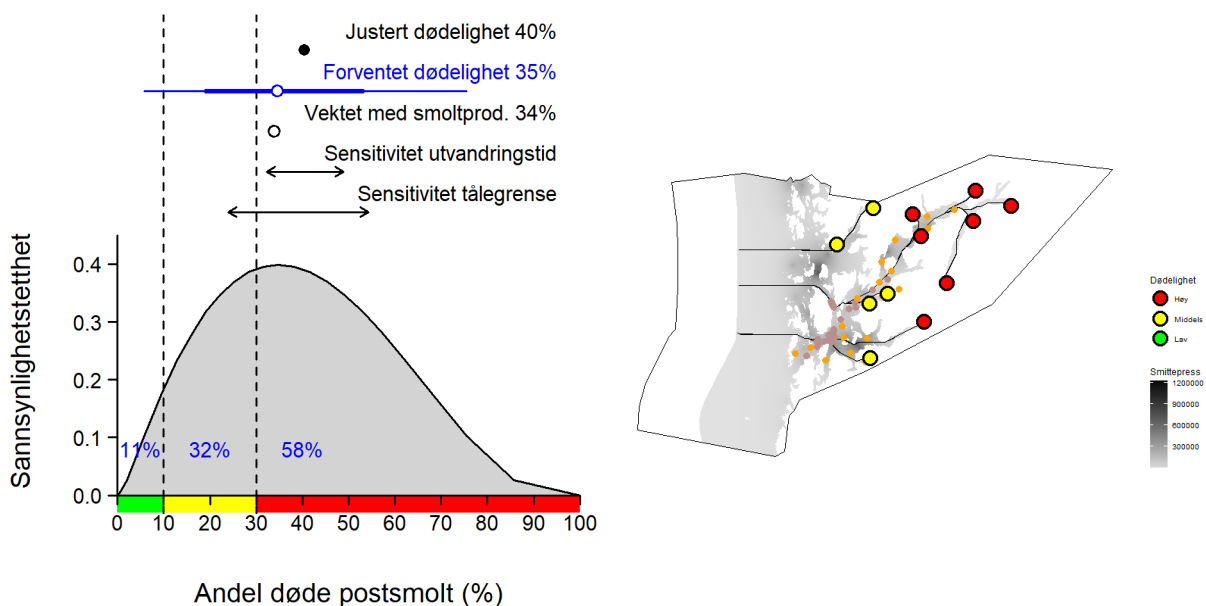
Produksjonsområdet omfatter 18 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten for alle unntatt de to sørvestligste vassdragene ble estimert til mellom 10 og 30 % (Figur 6). I de to sørvestligste vassdragene, Figgjo og Storåna, var dødeligheten under 10 %. Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 15 % og dermed i moderat kategori, men nærmere lav enn høy (Figur 6). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i samme kategori, men nærmere høy enn lav. 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 % 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 nær grensen til lav, 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. Konklusjonen var sensitiv til antatt tålegrense, der en dobling av tålegrensene ga dødelighet i lav kategori.



Figur 6: 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. 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 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

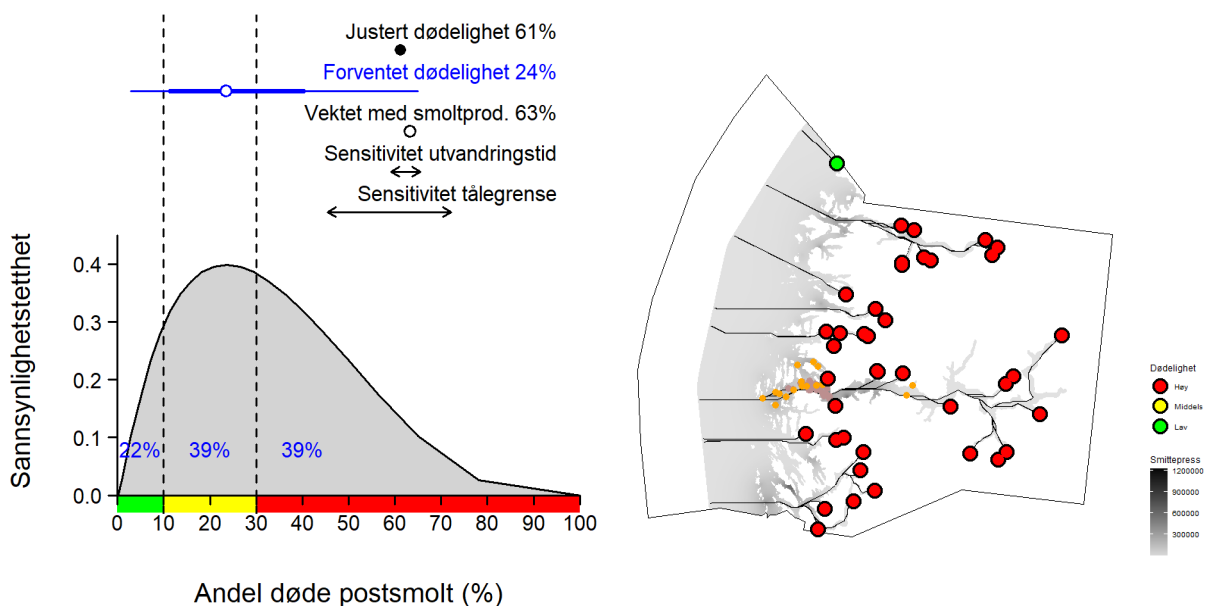
Produksjonsområdet omfatter 12 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til over 30 % for postsmolt fra de innerste elvene og mellom 10 og 30 % for de ytterste (Figur 7). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 40 % og dermed i høy kategori (Figur 7). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i samme kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i høy kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, til «sannsynlig». 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. Konklusjonen var sensitiv til antatt tålegrense, der en dobling av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.



Figur 7: 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. 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 smoltproduksjonen (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 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt

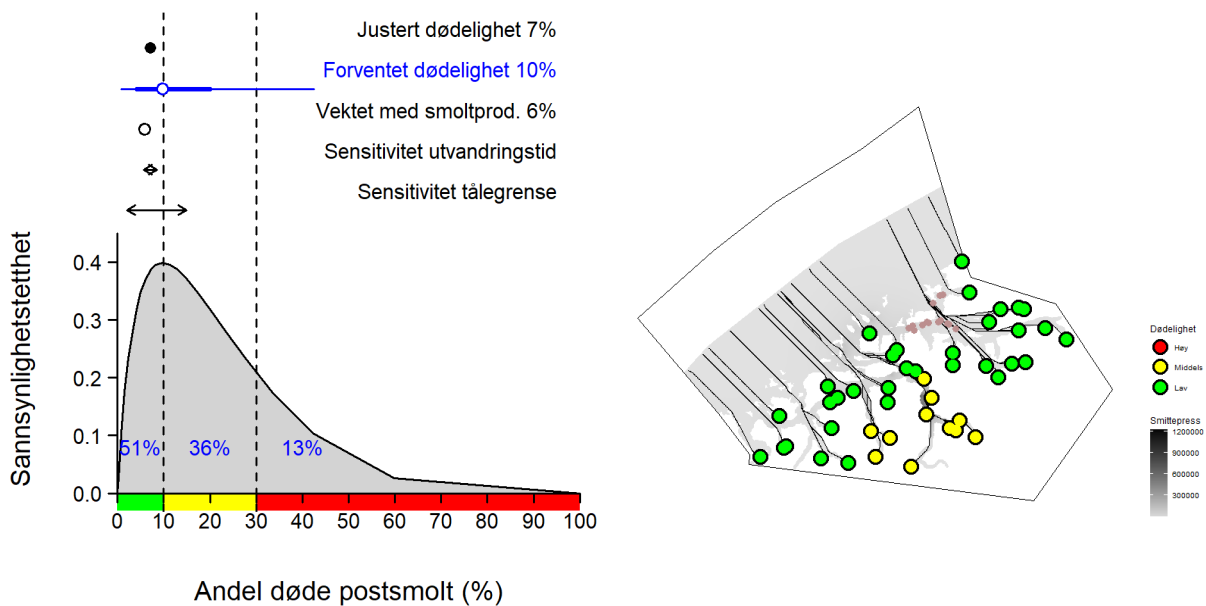
Produksjonsområde 4 omfatter 40 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til over 30 % for postsmolt fra alle elvene unntatt én (Figur 8). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 61 % og dermed i høy kategori (Figur 8). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, som betyr at det observerte lusenivået i postsmoltdataene var høyere enn smittepresset skulle tilsi. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % 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 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.



Figur 8: 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. 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 smoltproduksjonen (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 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Produksjonsområde 5 omfatter 44 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til mellom 10 og 30 % for postsmolt fra en del elver med lang utvandring og ellers under 10 % (Figur 9). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 7 % og dermed i lav kategori (Figur 9). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i lav kategori, nær grensen til moderat. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori, men siden det er postsmoltdata fra området, vurderes usikkerhetsnivået til ett nivå lavere, 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, mens en halvering av tålegrensene ga dødelighet i moderat kategori.

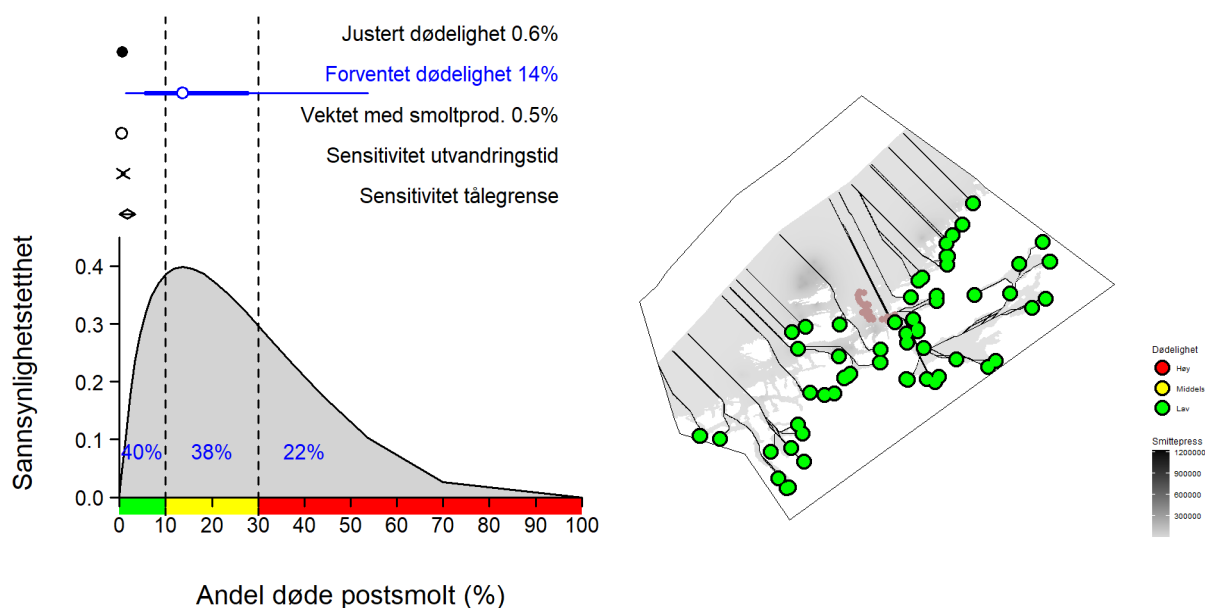


Figur 9: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 5. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. 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 smoltproduksjonen (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 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag

Produksjonsområde 6 omfatter 62 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten ble estimert til under 10 % for alle elvene (Figur 10). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var 1 % og dermed i lav kategori (Figur 10). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var i moderat kategori, som betyr at det observerte lusenivået i postsmoltdataene var lavere enn smittepresset skulle tilsi.

Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i lav 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 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.

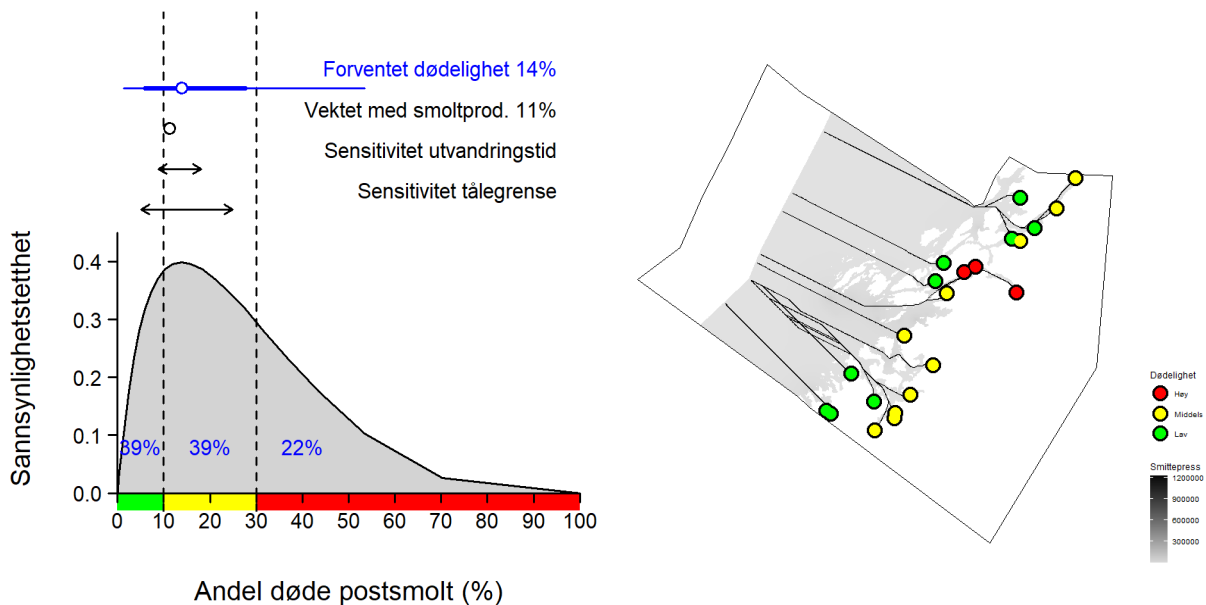


Figur 10: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 6. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Ovenfor vises fordelings gjennomsnitt (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 smoltproduksjonen (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 16 til 21 (relativ skala). Oransje punkter viser plassering av smoltbur og lilla punkter tråltrekk.

Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Produksjonsområde 7 omfatter 22 vassdrag. Postsmolt fra tre elver (Kongsmo, Sjøstadelva og Nordmarkselva) ble estimert til å ha over 30 % lakselusindusert dødelighet, postsmolt fra 10 elver til å ha mellom 10 og 30 % dødelighet og postsmolt fra 9 elver til ha under 10 % dødelighet (Figur 11). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, er det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 14 % og dermed i moderat kategori (Figur 11).

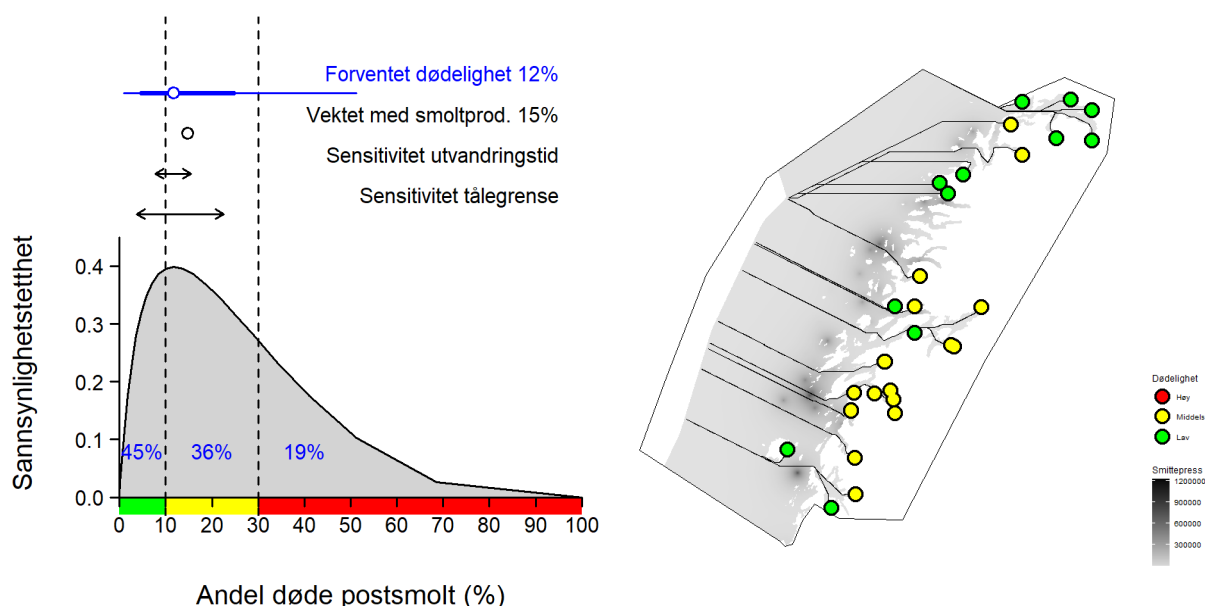
Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerheten settes derfor til det høyeste nivået, «mindre sannsynlig enn ikke». Merk at usikkerheten er mindre når det gjelder dødelighetsnivået sett over flere år, selv om dødeligheten for enkeltår er vanskelig å forutsi. Siden den forventede dødeligheten var nærmere lav enn høy kategori, peker usikkerheten nedover. 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. Sensitivitetsanalysene viste at scenarier med tidlig utvandring eller høy tålegrense ga dødelighet i lav kategori.



Figur 11: 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. Ovenfor vises fordelings 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 smoltproduksjonen (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 16 til 21 (relativ skala). Det var ingen smoltbur eller tråltrekk i produksjonsområdet.

Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Produksjonsområde 8 omfatter 30 vassdrag. Postsmolt fra 18 elver ble estimert til å ha mellom 10 og 30 % lakselusindusert dødelighet og postsmolt fra 12 elver til ha under 10 % dødelighet (Figur 12). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 12 % og dermed i moderat kategori (Figur 12). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 33 og 50 % sannsynlig at dødeligheten var i moderat kategori. Usikkerheten settes derfor til det høyeste nivået, «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. Siden den forventede dødeligheten var nærmere lav enn høy kategori, peker usikkerheten nedover. Beregningene viste høyere sannsynlighet for at dødeligheten var i lav enn i moderat kategori, men siden det også er en betydelig sannsynlighet for at dødeligheten var i høy kategori, blir forventningen i moderat kategori. 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. Sensitivitetsanalysene viste at scenarier med tidlig utvandring eller høy tålegrense ga dødelighet i lav kategori.

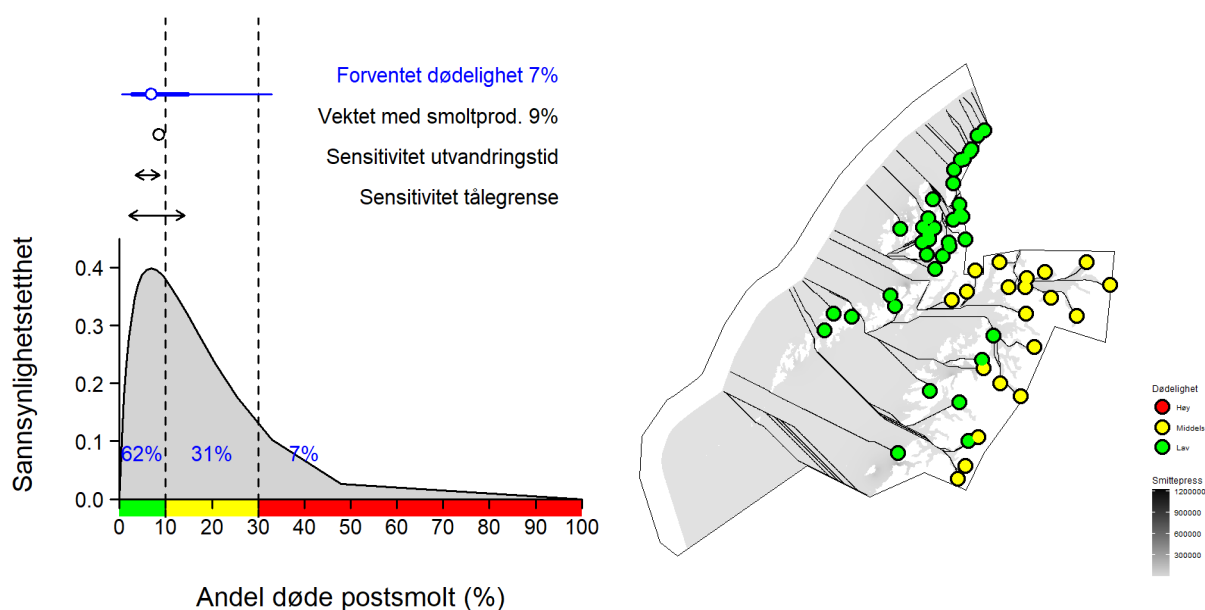


Figur 12: Grafen i figuren til venstre viser sannsynlighetsfordelingen for luseindusert dødelighet i produksjonsområde 8. Prosenttallene i blått angir sannsynlighetene for at dødeligheten var i kategoriene lav (0-10 %), moderat (10-30 %) og høy (30-100 %). Sannsynlighetsfordelingen representerer usikkerheten som følger av den erfaringsbaserte variasjonen i lusenivå på postsmolt mellom år og områder for et gitt modellert smittepress. Ovenfor vises fordelings 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 smoltproduksjonen (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.

Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Produksjonsområde 9 omfatter 58 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten for postsmolt fra de fleste indre vassdragene var mellom 10 og 30 %, mens den var under 10 % for de ytre vassdragene (Figur 13). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 7 % og dermed i lav kategori (Figur 13).

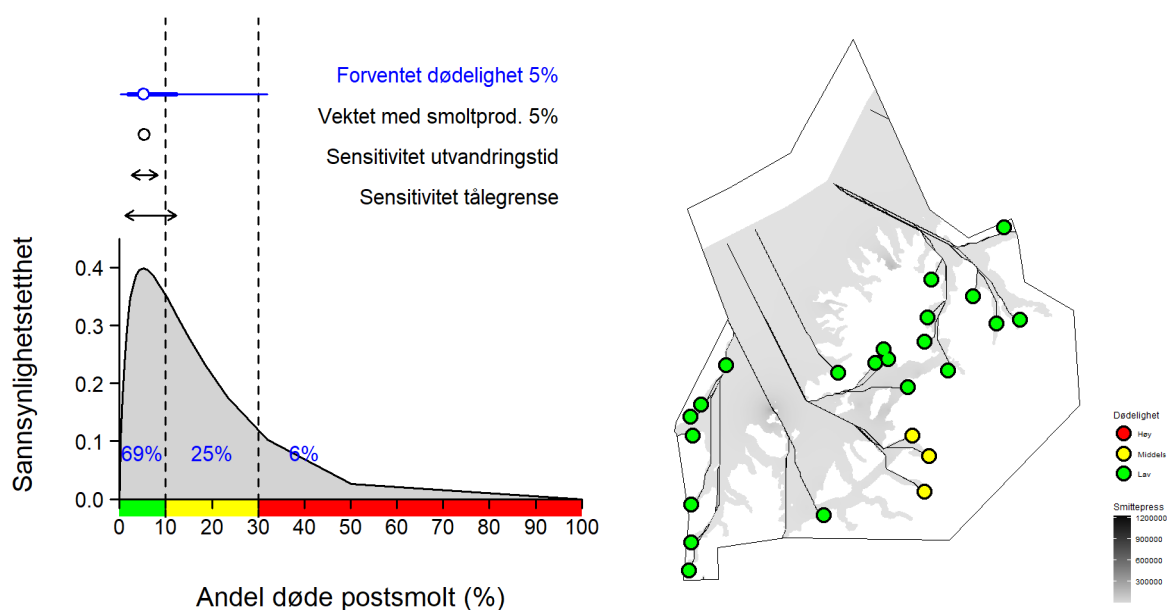
Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 50 og 66 % sannsynlig at dødeligheten var i lav kategori. Usikkerhetsnivået settes derfor til «mer sannsynlig enn ikke». Gjennomsnitt vektet med smoltproduksjon var i lav kategori, som betyr at konklusjonen om lav dødelighet også gjelder dersom mest vekt legges på de største lakseelvene i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens lav tålegrense ga dødelighet i moderat kategori.



Figur 13: 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. 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.

Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

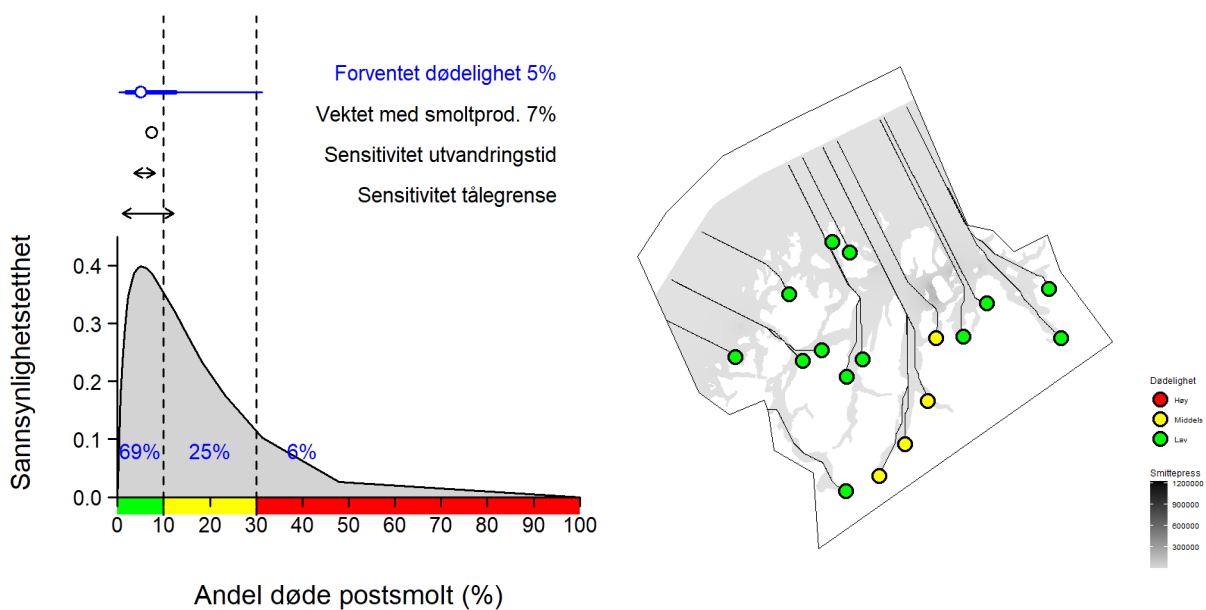
Produksjonsområde 10 omfatter 24 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten var mellom 10 og 30 % for tre vassdrag (Spanselva, Røyrbakkelva og Salangselva) og under 10 % for de andre vassdragene (Figur 14). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 5 % og dermed i lav kategori (Figur 14). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 % 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 lakseelvne i produksjonsområdet. Konklusjonen om lav dødelighet var ikke sensitiv til de undersøkte endringer i utvandringstid, mens lav tålegrense ga dødelighet i moderat kategori.



Figur 14: 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. 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 smoltproduksjonen (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.

Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

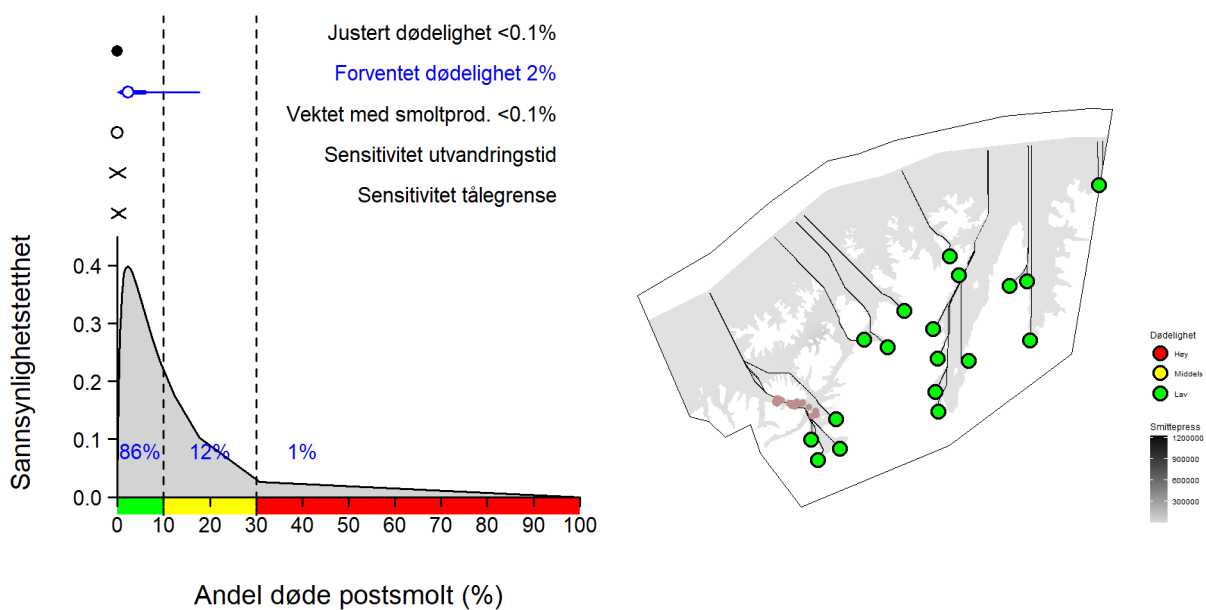
Produksjonsområde 11 omfatter 17 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten var mellom 10 og 30 % for fire vassdrag (Signadalselva, Manddalselva, Rotsundelva og Skibotnvassdraget) og under 10 % for de andre vassdragene (Figur 15). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var 5 % og dermed i lav kategori (Figur 15). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 % 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 lav tålegrense ga dødelighet i moderat kategori.



Figur 15. 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. 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 smoltproduksjonen (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.

Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

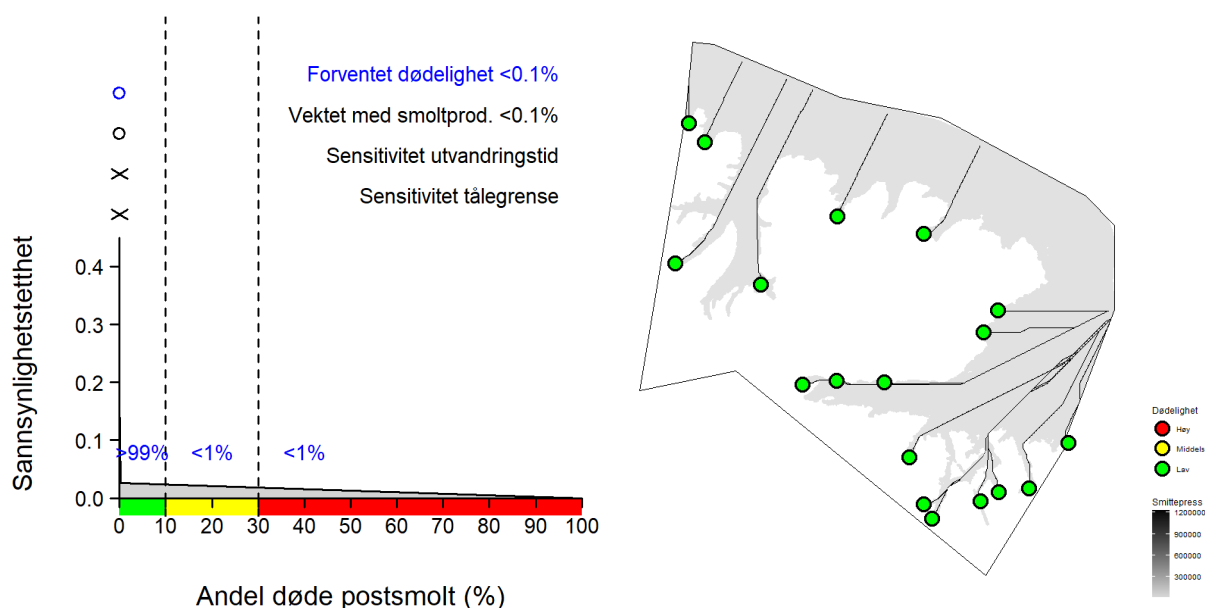
Produksjonsområde 12 omfatter 18 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 % for alle elvene i produksjonsområdet (Figur 16). Gjennomsnittlig lakselusindusert dødelighet justert til årets postsmoltobservasjoner var under 1 % og dermed i lav kategori (Figur 16). Den forventede dødeligheten basert på smittepresset var 2 % og derfor også i lav kategori. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mellom 66 og 90 % 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 endringene i utvandringstid eller tålegrense.



Figur 16: 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. 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 smoltproduksjonen (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.

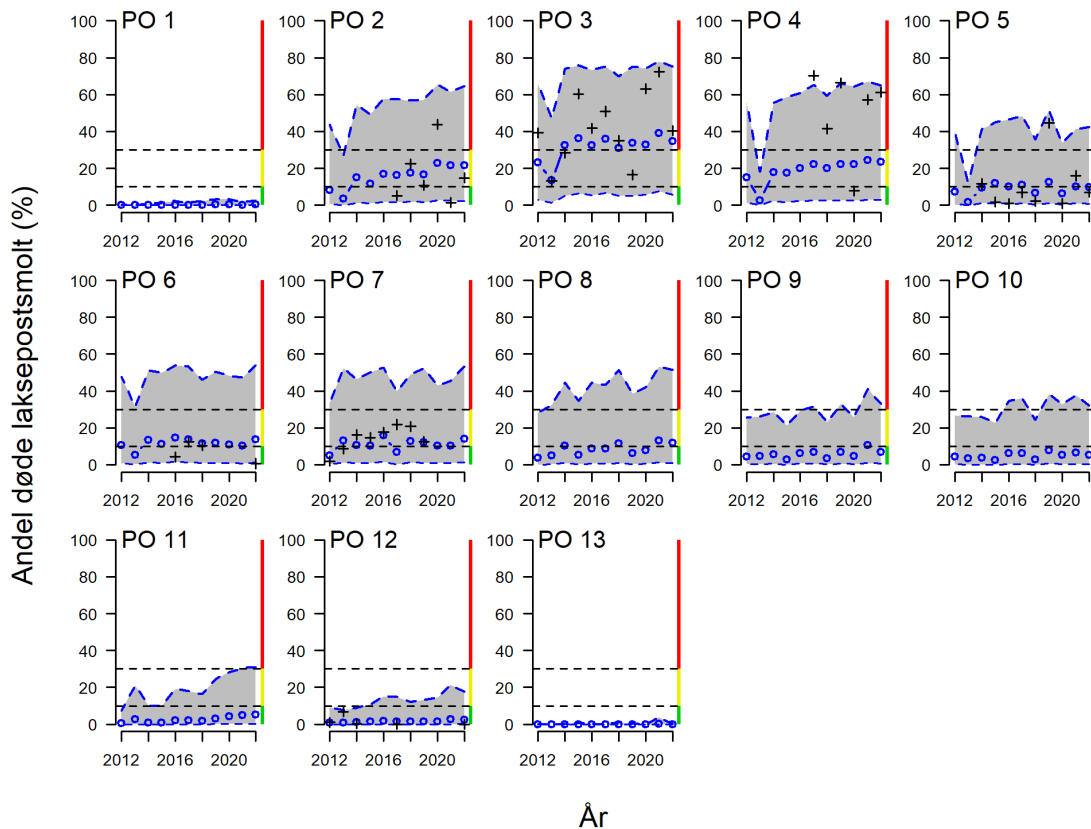
Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Produksjonsområde 13 omfatter 18 vassdrag. Den lakselusinduserte dødeligheten var beregnet til under 10 % for alle elvene i produksjonsområdet (Figur 17). Den forventede lakselusinduserte dødeligheten basert på smittepresset var under 1 % og dermed i lav kategori (Figur 17). Siden det ikke er postsmoltdata fra dette produksjonsområdet fra 2022, var det ikke mulig å regne ut justert dødelighet. Sannsynlighetsfordelingen basert på smittepresset tilsier at det er mer enn 99 % 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.



Figur 17. 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. 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 smoltproduksjonen (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.

Tidstrender



Figur 18: 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 (heltrukne blå linjer), 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 stiplede 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 18). For de fleste produksjonsområdene er den justerte dødeligheten noen år høyere enn og andre år lavere enn den forventede dødeligheten (blå sirkler i Figur 18). 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 4 er imidlertid den justerte dødeligheten oftest høyere enn den forventede utfra smittepresset; det er også tendenser til et liknende mønster i produksjonsområde 3, selv om forskjellene der er mindre.

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 topper og bunnpunkt annet hvert år (se PO2 og PO5).

For produksjonsområder 1 og 13 har den estimerte lakselusinduserte dødeligheten ligget under 10 % for alle år fra 2012 til 2022, også i det verste scenarioet.

For produksjonsområde 2 har den forventede lakselusinduserte dødeligheten ligget mellom 10 og 30 % siden 2014, med indikasjoner på en økende trend. 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 tre av de seks 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 2022 vært over 30 %. Det er relativt godt med postsmoltdata fra smoltbur og trål i området. Dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene har oftere vært over enn under den forventede dødeligheten, men dette kan også komme av en statistisk tilfeldighet. I syv 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 2022 vært mellom 10 og 30 %. Det er relativt godt med 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 fem av de siste seks 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 % 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 ni siste årene vært i lav kategori, i to år (2014 og 2021) i moderat kategori og i ett år (2019) i høy kategori.

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

For produksjonsområde 7 har den forventede dødeligheten siden 2013 vært i moderat kategori, nær grensen til lav, unntatt i 2017, da den forventede dødeligheten var lav. Det fins postsmoltdata fra smoltbur fra årene 2012–2018. I to første av disse årene var dødelighetsanslagene justert til postsmoltdataene i lav kategori, i de påfølgende fem 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 fire av årene, deriblant de to siste (2014, 2018 og 2021–2022). For produksjonsområde 9 var den forventede dødeligheten i lav kategori i alle årene fra 2012 til 2022, unntatt 2021, da dødeligheten var moderat. For produksjonsområdene 10 og 11 var den forventede dødeligheten lav i alle årene fra 2012 til 2022. Det fins ikke postsmoltdata fra noen av disse produksjonsområdene. Det er en tendens til økende

smittepress i disse produksjonsområdene, men det er usikkert i hvilken grad endringene mellom år skyldes statistiske tilfeldigheter eller underliggende trender.

For produksjonsområde 12 har den forventede dødeligheten vært lav i alle årene fra 2012 til 2022. Det fins postsmoltdata fra trål eller smoltbur fra fem 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. 2022). 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 2012–2022. 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. 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 midtpunktet i denne sannsynlighetsfordelingen, mens «beste» og «verste» scenarioer er 5 %- og 95 %-kvantilene. 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.

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 18), 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. Et unntak er imidlertid PO4, der modellen ser ut til å underestimere antallet lus på postsmolt. I dette området ligger de faktiske lusetallene rundt det verste scenarioet i modellen. Hovedvekten av postsmoltdataene fra PO4 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 Sognefjorden. Vi kan selvfølgelig ikke utelukke at det også er systematiske forskjeller i enkelte av de områdene der vi mangler postsmoltdata, slik som PO8–11.

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 i tidligere år, 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 virtuelt-smoltmodeller brukt i Trafikklyssystemet. Havforskningsinstituttets virtuelt-smoltmodell, som har blitt kalibrert mot tråldata, har ofte estimert høyere lakselusindusert dødelighet enn Veterinærinstituttets og SINTEFs virtuelt-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. 2022).

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 luseelarvene som driver gjennom burene med vannstrømmene, mens eksponeringen for villfisken avhenger av fiskens svømmeadferd og hvordan luseelarvene 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 svømmehastighet (Wagner mfl. 2003, Wagner mfl. 2008, Bui mfl. 2016) eller avvikende svømmeadferd, eller hvis individuell variasjon i utvandringshastighet av andre årsaker gjør at fisk som forblir lenge i kystnære områder blir overrepresentert i fangstene samtidig som de blir eksponert for mye lus. 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 % 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 utvandingsperioden hadde tilsvarende virkninger på den beregnede dødeligheten som forskyvinger av utvandingsperioden.

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. 2022). 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. 2022). 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 % (Stige mfl. 2022).

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 gjennomsiktede 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 2022 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., Gjørseter, H., Falkegård, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H., Thorstad, E.B., Vøllestad, L.A., Wennevik, V., 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1092/icesjms/fsx020.
- 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 KØ, Glover KA, Johnsen IA, Serra-Llinares RM, Skaala Ø, Nilsen R, Bjørn PA, Karlsen Ø, Finstad B, Skilbrei OT (2018) Migration of Atlantic salmon post-smolts in a fjord with high infestation pressure of salmon lice. *Mar Ecol Prog Ser* 592:243-256
- 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., 2022. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk våren 2022. Rapport fra havforskningen 2022-19.
- 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.

- 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., Viljugrein, H., Qviller, L. 2022. Modelling salmon lice-induced mortality of wild salmon post-smolts is highly sensitive to calibration data. *Aquacult. Environ. Interact.* I trykk.
- 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., 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.
- 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., Sæggrov, H., Ugedal, O., Qviller, L., Dalvin, S. 2021b. Vurdering av lakselusindusert villfiskdødelighet per produksjonsområde i 2021. 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 2022.

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 utvandningsruten ved midlere utvandningsdato
- Kolonne 6, lengde: Utvandningsdistanse fra elveutløp til hav (antall 100-m piksler)
- Kolonne 7, Ant: Antall lus per fisk ved midlere utvandningsdato forventet utfra smittepresset
- Kolonne 8, 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 9, AntB: Antall lus per fisk ved midlere utvandningsdato i et beste scenario (5 %-kvantilet 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 utvandningsdato i et verste scenario (95 %-kvantilet 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

Vedlegget finnes på nettsiden:

<https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2022/risikomodel-for-quantifisering-av-luseindusert-dodelighet-pa-villaks-for-2022/vedlegg-til-rapport-35-2022>

Vedlegg 2. PO-tabell.

Under er en lenke med tabeller med beregnede lusepåslag og luseindusert dødelighet i alle produksjonsområder og år fra 2012 - 2022 (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 %-kvantilet 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 %-kvantilet 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/2022/risikomodel-for-quantifisering-av-luseindusert-dodelighet-pa-villaks-for-2022/vedlegg-til-rapport-35-2022>

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