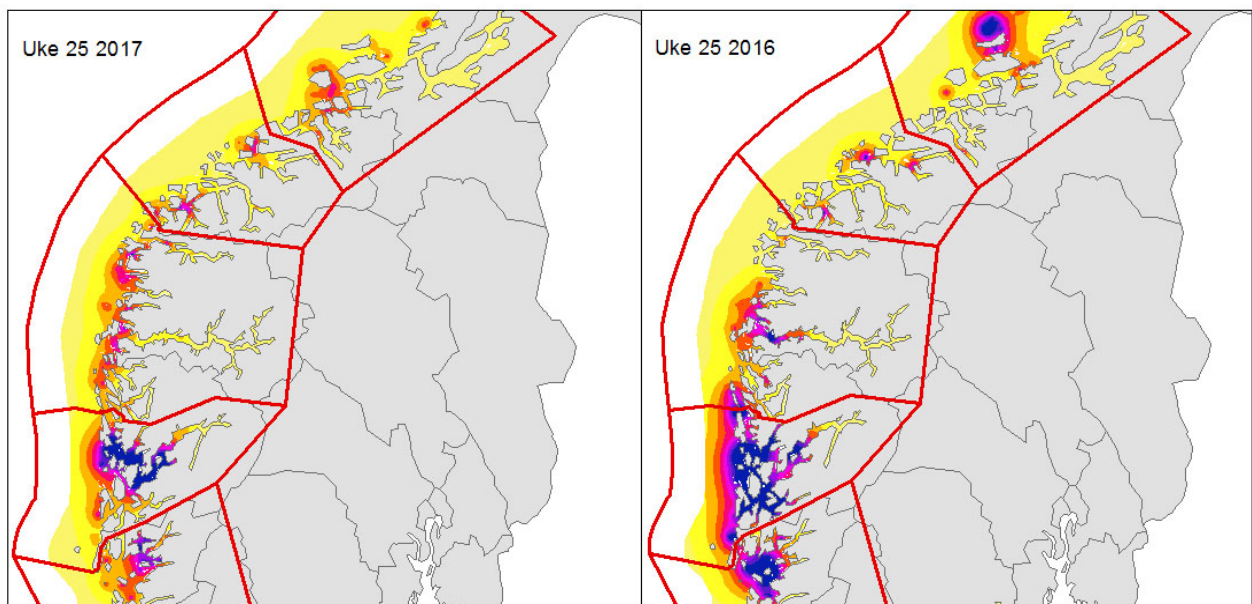
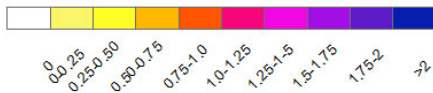


# Risikomodel for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks



Produksjonsområde 2 - 6  
Smittepress



# Risikomodell for kvantifisering av luseindusert dødelighet på villaks

## Innhold

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

### Forfattere

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

ISSN 1890-3290

© Veterinærinstituttet 2017 / © Norwegian  
Veterinary Institute 2017

### Oppdragsgiver

Nærings- og fiskeridepartementet

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

## Sammenfatning

Denne rapporten beskriver en risikomodell for luseindusert dødelighet av utvandrende vill laksesmolt fra norske vassdrag. Resultatene er fordelt på 13 produksjonsområder for oppdrettslaks, der smitten av lus som bidrar til lusepåslag har opphav fra oppdrettsfisk. Vi har beregnet lusepåslag og luseindusert dødelighet for i alt 401 vassdrag over årene 2012 - 2017. Beregningene er gjort for ulike utvandringstider og for scenarier med erfaringsbaserte lave, midlere og høye lusepåslag relativt til beregnet smittepress. Risikomodellen er utarbeidet som innspill til Ekspertgruppen, som ble nedsatt i februar 2017, med mandat til å vurdere lakselusindusert dødelighet på villaks i 13 produksjonsområder. De overordnede resultatene fra risikovurderingen er at sannsynlighetene for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt, slik dette er definert i modellen, generelt avtar i de nordlige produksjonsområdene. Denne sannsynligheten er også lav for produksjonsområde 1, der det er liten oppdrettsvirksomhet. Videre, var det generelt større sannsynlighet for luseindusert dødelighet i 2016 og 2017 enn i de tidligere årene. Det er imidlertid stor usikkerhet i konklusjonene man kan trekke fra risikomodellen for mange av produksjonsområdene, manifestert ved store avvik i beregningene for de ulike scenariene. Disse usikkerhetene har blitt større etter at burdata fra 2017 ble inkorporert i smitte modellen. Dette fordi de observerte påslagene på burfisk i 2017 generelt var systematisk høyere enn beregnet smittepress skulle tilsi. Beregningene er også sensitive for mange av antakelsene som i det skisserte hendelsesforløpet i risikomodellen. Dette gjelder spesielt for antakelser knyttet til utvandringstider, vandringsprogresjon fra elv til hav og sannsynligheter for dødelighet av smolt indusert av gitte lusepåslag. Selv om de absolutte modellresultatene med hensyn til lusepåslag og luseindusert dødelighet er beheftet med store usikkerheter, mener vi at risikomodellen er godt egnet til å sammenligne utviklingen av risiko over år og mellom produksjonsområder.

## Innledning

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

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

## Modellbeskrivelse

Risikomodellen omfatter en kjede av hendelser/prosesser som starter med produksjon av lakselusnauplier (larver) i oppdrett. Disse spres så pelagisk rundt i kystnære farvann. Larvene utvikler seg gjennom to stadier til smittsomme copepoditter i henhold til temperaturavhengige utviklingsrater (Stien et al., 2005). Utvandrende vill laksesmolt utsettes for påslag av disse smittsomme copepodittene under sin vandring fra elveutløpene til oppvekstområdene i havet. Påslaget kan beregnes gjennom modellering av smittepress

som lokalt avhenger av forekomster av reproduserende hunnlus i oppdrettsanlegg. Endelig vil et påslag av en gitt størrelsesorden medføre en overdødelighet blant laksesmolten.

## Smittepress

Veterinærinstituttets deterministiske modell for produksjon og spredning av lakselus (smittepressmodellen) gir et mål på intensitet av lakseluslarver langs kysten på bakgrunn av rapporterte forekomster av kjønnsmodne hunner av lakselus i oppdrettslokaliteter, vanntemperatur og avstand til alle oppdrettsanlegg med hunnlus (Kristoffersen et al., 2014). Modellen har vært brukt til å beregne påslag av lakselus på fisk i oppdrettsanlegg og på forsøksfisk som settes i bur (smoltbur) på gitt sted i gitt tidsrom. 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 nauplier fra de enkelte lokalitetene. Produksjonsdelen av modellen bruker antall laks på hver oppdrettslokalitet, rapporterte gjennomsnittstall for kjønnsmodne hunnlus og vanntemperaturer, i en populasjonsdynamisk modell for å beregne reproduksjon og overlevelse av neste generasjons lakselus (Stien et al., 2005). Spredningsdelen beregner relativ risiko for infeksjon med neste generasjons lakselus som en funksjon av avstand til oppdrettslokalitetene (Aldrin et al., 2013).

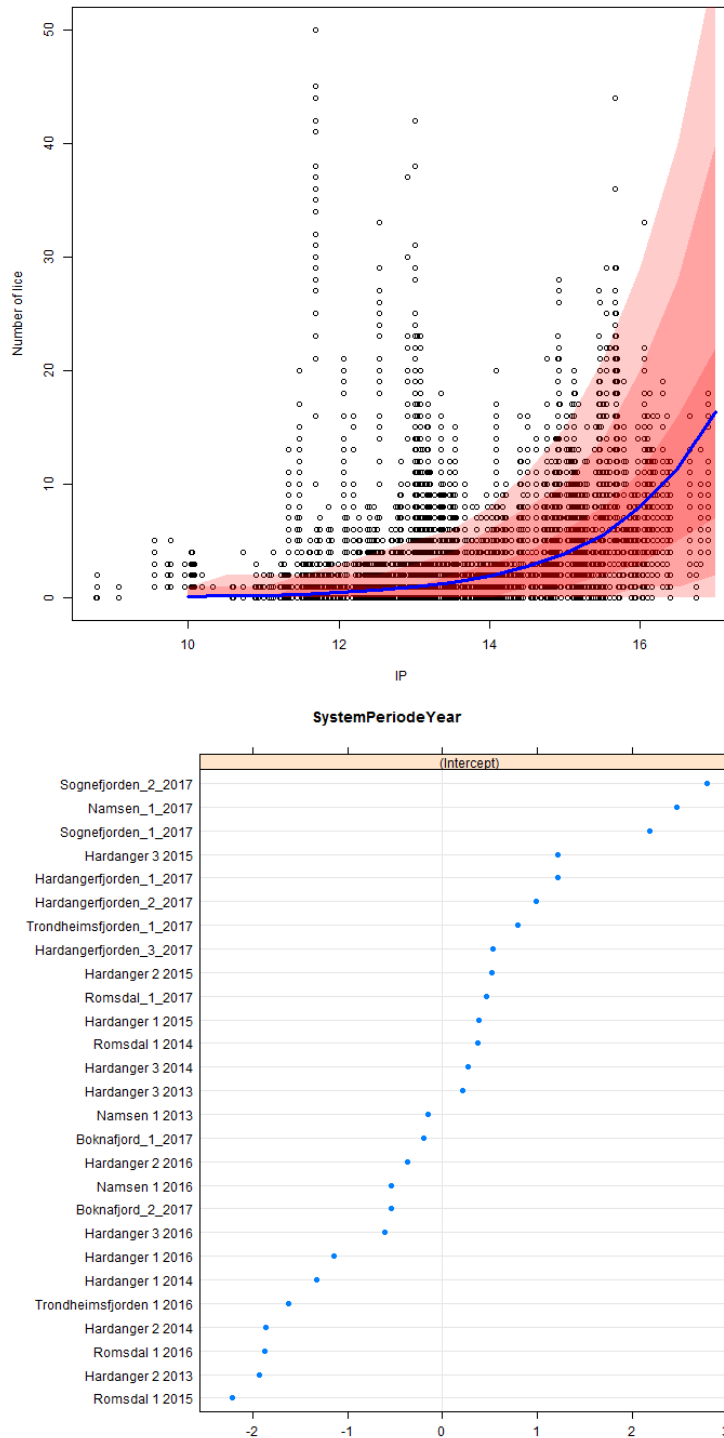
For å beregne påslag av lakselus på fisk til gitte tidspunkt brukes utviklingsrater, en fast dødsrate, samt tiden det tar en lakselus å finne en vert. Modellen kan ekstrapoleres videre gjennom utviklings- og dødsrater for å beregne hvordan smittepress fra reproduserende hunnlus bidrar til neste generasjons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

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

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

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

Sammenligningen mellom påslag i bur og smittepressestimater gir en funksjon for forventet lusepåslag ut i fra eksponering mot et gitt smittepress over en gitt tid, slik at man kan beregne lusepåslag på en fisk som har vært eksponert mot smittepress i kjent tidsrom og på kjent sted. Her har vi analysert påslag i burforsøk fra perioden 2012 - 2017. Analysen ble gjort i form av en regresjonsmodell (påslagsmodellen) der vi statistisk modellerte observert antall lus på individuell fisk i burene, med beregnet smittepress og eksponeringstider i burene som forklaringsvariable (Figur 1a), i tillegg til å ta med en tilfeldig effekt definert av område-periode-år (Figur 1b). Modellen hadde en negativ binominal variansstruktur med en estimert spredningsparameter ( $\theta = 2,04$ ). Denne fordelingen blir benyttet til å simulere fordelingen av luselarver per fisk, gitt gjennomsnittlig forventete antall luselarver fra påslagsmodellen (Figur 1a).



**Figur 1a,b.** Øvre panel (1a) angir antall lus av fastsittende stadier (copepoditter og chalimus) per fisk (runde punkt) plottet mot gjennomsnittlig smittepress over siste uke av hvert burforsøk i perioden 2013 - 2017. Blå linje angir forventet antall påslåtte luselarver som funksjon av smittepress. Gjennomsiktige røde 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 smittepress. Det lyseste området angir 1 til 99 % kvantilen, det mørkere angir 5 til 95 % kvantilen og det mørkeste angir 25 til 75 % kvantilen. Nedre panel (1b) angir beregnet tilfeldig effekt knyttet til område-periode-år.

Den tilfeldige effekten i påslagsmodellen fra burforsøkene varierte mellom -2,21 og 2,78. De nye burdataene fra 2017 økte den tilfeldige effekten i smitte modellen betydelig sammenlignet med modellen som dekket burdata fra 2013 - 2016 (Kristoffersen et al., 2017). Denne økningen skyldes at påslaget på burfisken var systematisk høyere enn smittepresset i seg selv skulle tilsi. Dette gjaldt for alle områder og perioder, med unntak av burforsøkene i Boknafjorden (Figur 1b). De tilfeldige effektene er antatt å være normalfordelt med en estimert varians, her estimert til 1,32. Dette ble brukt som sensitivitetsanalyse til å variere påslagsrate for ulike smittepress, i et beste og et verste scenario, der påslaget er justert etter en faktor på  $\pm 2,87$  (90 % konfidensintervall for tilfeldig effekt). For det vi kaller et «forventet scenario», antar vi at den tilfeldige effekten er null (dvs. påslaget justeres ikke).

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

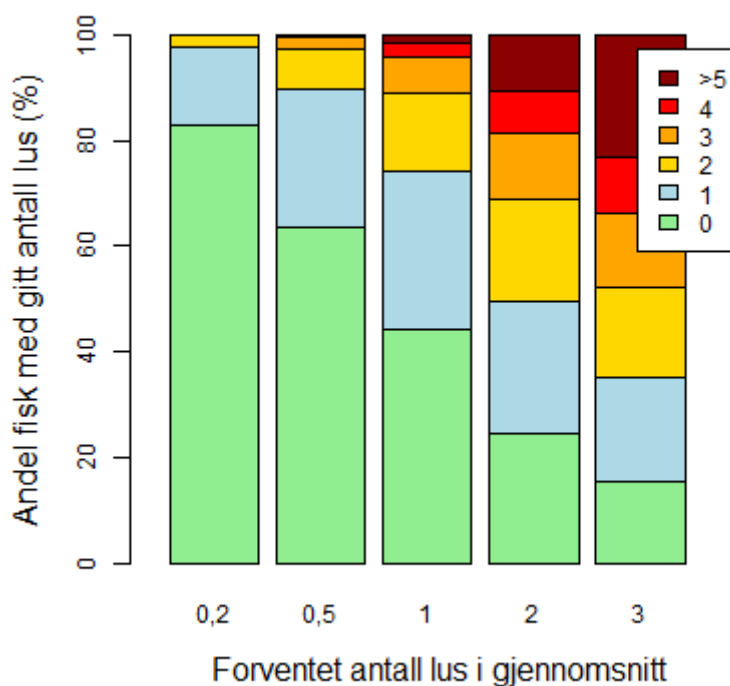
Til beregning av lusepåslag på laksesmolt benyttet vi resultatene fra den statistiske påslagsmodellen, antatt vandringsrute og -hastighet for smolten, samt rasterkart over smittepress. Vandringsruten ble antatt å være korteste vei fra elveutløp til 12-mils grense i hav (Figur 2).

For hvert av totalt 401 vassdrag i NINA's vassdragsdatabase (vassdragsdatabasen), antok vi at utvandringstidspunktene korresponderte med beregnet startdato, dato for midlere utvandring (50% utvandring) eller sluttdato. Vi beregnet så forventet påslag av lus i hver pixel (100m<sup>2</sup>) av rasterkartene med tidsjustert smittepress, fra utløp av elv i sjø til 12-mils grensen i hav. Vandringshastigheten på fisken ble satt til 8,2 cm per sekund, som tilsvarer 4 ukers vandringsdistanse på 200 km (Thorstad et al., 2012). Endelig ble beregnet påslag for hver pixel summert opp til et forventet antall påslåtte lakselus for hele utvandningsruten. Antall påslåtte lakselus per fisk ble deretter simulert på 100000 fisk fra en negativ binomial fordeling med forventning lik beregnet påslag og spredningsparameter fra påslagsmodellen.



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

Dette ga en sannsynlighetsfordeling for antall påslåtte lus på villaksen som vandrer ut fra et gitt vassdrag. Figur 3 illustrerer sannsynlighetsfordelingene for ulike forventede antall påslåtte lus per fisk.



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

Andelen av fisk beregnet til å dø som følge av luseindusert dødelighet ble deretter kalkulert for startdato, dato for midlere utvandring og sluttdato, på bakgrunn av den simulerte fordelingen av lus på fisk og sannsynligheten for dødelighet av 20g smolt (Taranger et al., 2015). Disse andelenene ble så lineært interpolert mellom startdato og dato for midlere utvandring, og videre til sluttdato. Andelen av fisk som ble antatt å vandre ut ved hvert tidspunkt ble modellert med en beta-pert fordeling tilpasset de tre utvandringstidene (Vose, 2000). Dette er en symmetrisk fordeling med stigende andeler av smolt som vandrer ut fra startdato til midlere dato og synkende andeler fra midlere dato til sluttdato. Endelig beregnet vi forholdet mellom andelen av fisk som dør som følge av luseinfeksjon og andelen som vandrer ut, for hele utvandingsperioden.

## Vurdering av status i produksjonsområdene

Beregninger av påslag og luseindusert dødelighet på vassdragsnivå for 2016 og 2017 er vedlagt (Vedlegg 1). Beregnede påslag og luseindusert dødelighet i produksjonsområdene har generelt økt over årene 2012 - 2017 (Tabeller 2012 - 2015; Vedlegg 2). Sensitivitetsanalyser av effekt av å variere ulike antakelser som styrer prosessene i risikomodellen er lagt ved i Vedlegg 3.

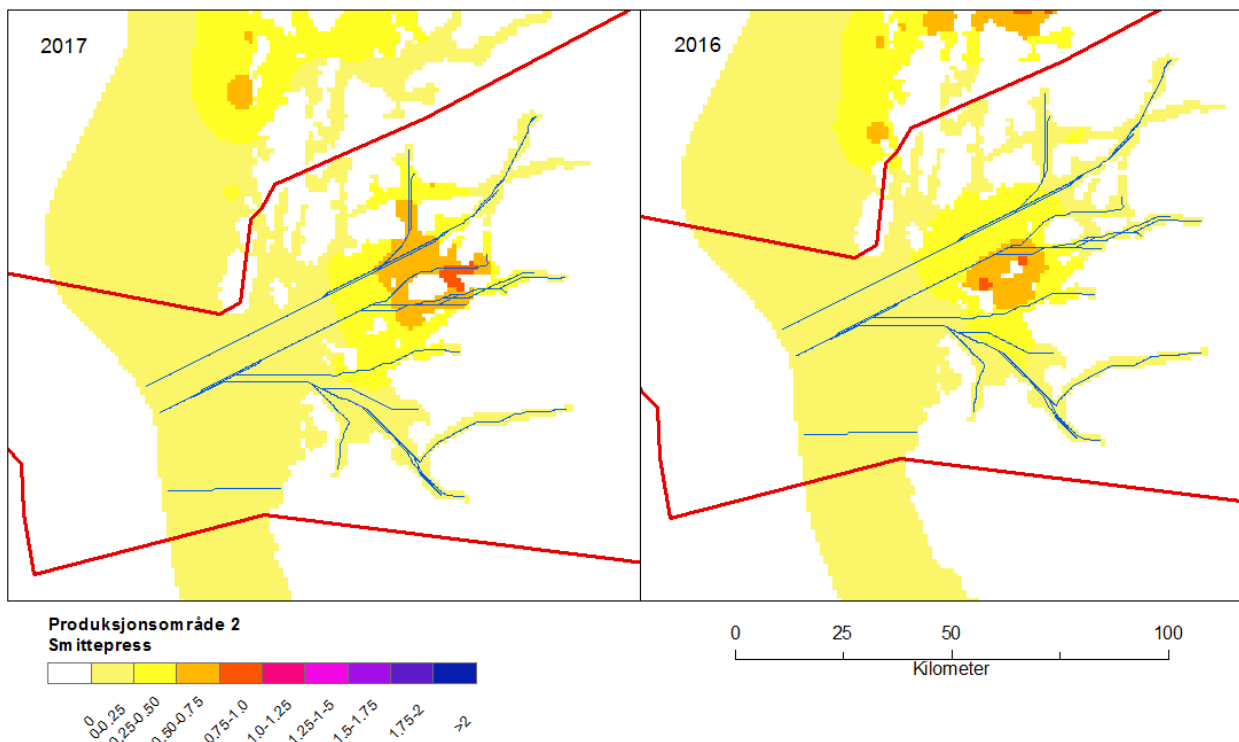
### Produksjonsområde 1: Svenskegrensen til Jæren

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

### Produksjonsområde 2: Ryfylke

Produksjonsområdet omfatter 18 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 4). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet høy (Tabell 1). Usikkerheten for dette området er derfor stor.





**Figur 4.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 2 i uke 21 i 2017 og 2016. Uke 21 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

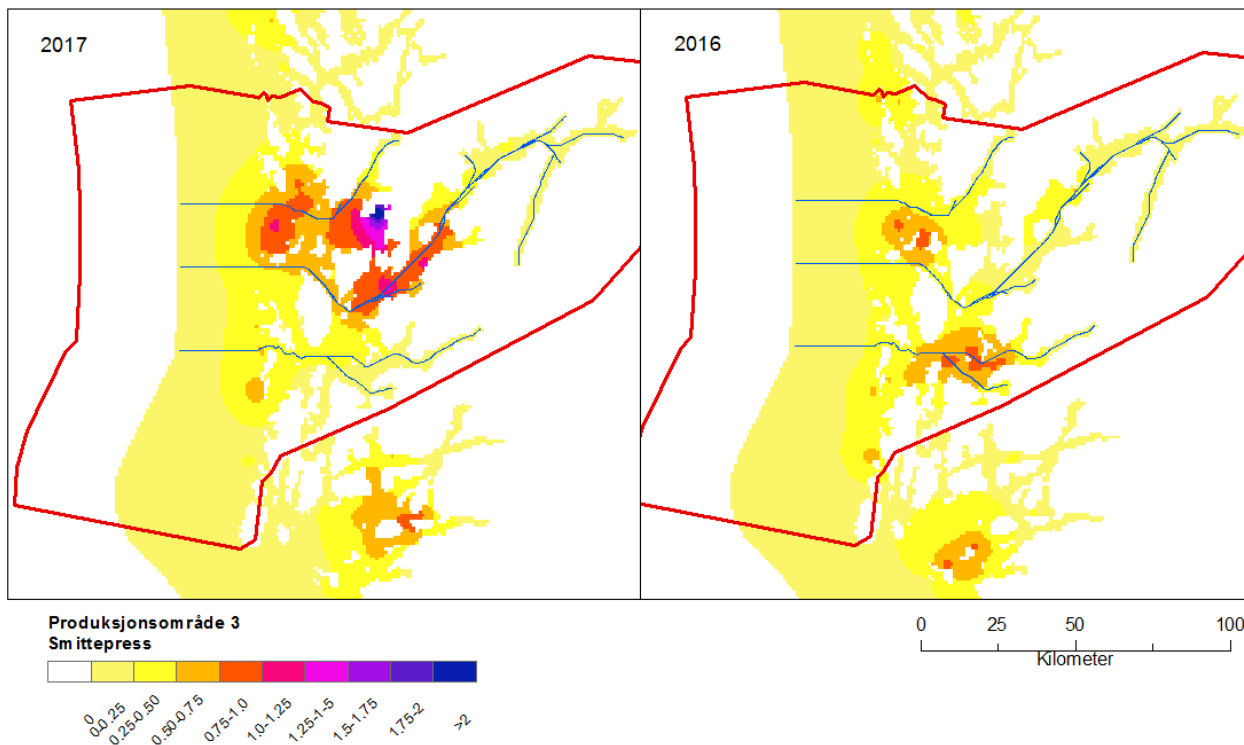
**Tabell 1.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 2. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0,01	0,25	4,44
Antall lus 50 % utvandring	0,02	0,41	7,16
Antall lus slutt	0,05	0,95	16,73
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,01	2,38	60,88
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,01	1,46	43,19
<b>2016</b>			
Antall lus start	0,01	0,19	3,27
Antall lus 50 % utvandring	0,02	0,44	7,66
Antall lus slutt	0,08	1,46	25,59
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,02	3,29	60,25
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,01	1,78	41



### Produksjonsområde 3: Karmøy til Sotra

Produksjonsområdet omfatter 12 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 5). Området har de høyeste beregnede påslagene av lus, og derav også høyest beregnet luseindusert dødelighet, av alle produksjonsområdene. Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var moderat både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus så er beregnet dødelighet høy (Tabell 2). Usikkerheten for området er derfor moderat.



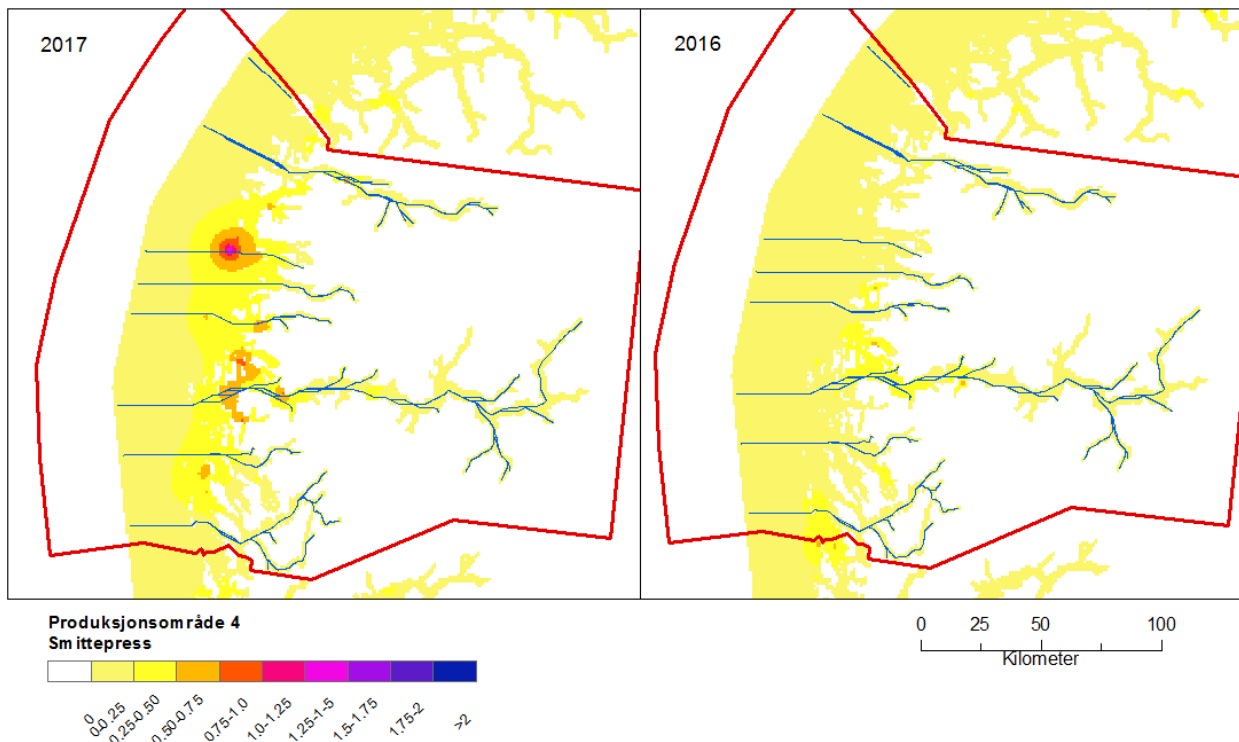
**Figur 5.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 3 i uke 21 i 2017 og 2016. Uke 21 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

**Tabell 2.** Beregnet antall påslatte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 3. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0,04	0,76	13,37
Antall lus 50 % utvandring	0,08	1,48	25,95
Antall lus slutt	0,23	4,05	71,11
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,22	15,02	83,75
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,21	13,68	75,81
<b>2016</b>			
Antall lus start	0,03	0,55	9,69
Antall lus 50 % utvandring	0,09	1,67	29,31
Antall lus slutt	0,23	4,1	72,01
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,25	16,67	83,29
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,26	16,46	80,74

## Produksjonsområde 4: Nordhordaland til Stadt

Produksjonsområde 4 omfatter 40 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 6). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet høy (Tabell 3). Usikkerheten for området er derfor stor.



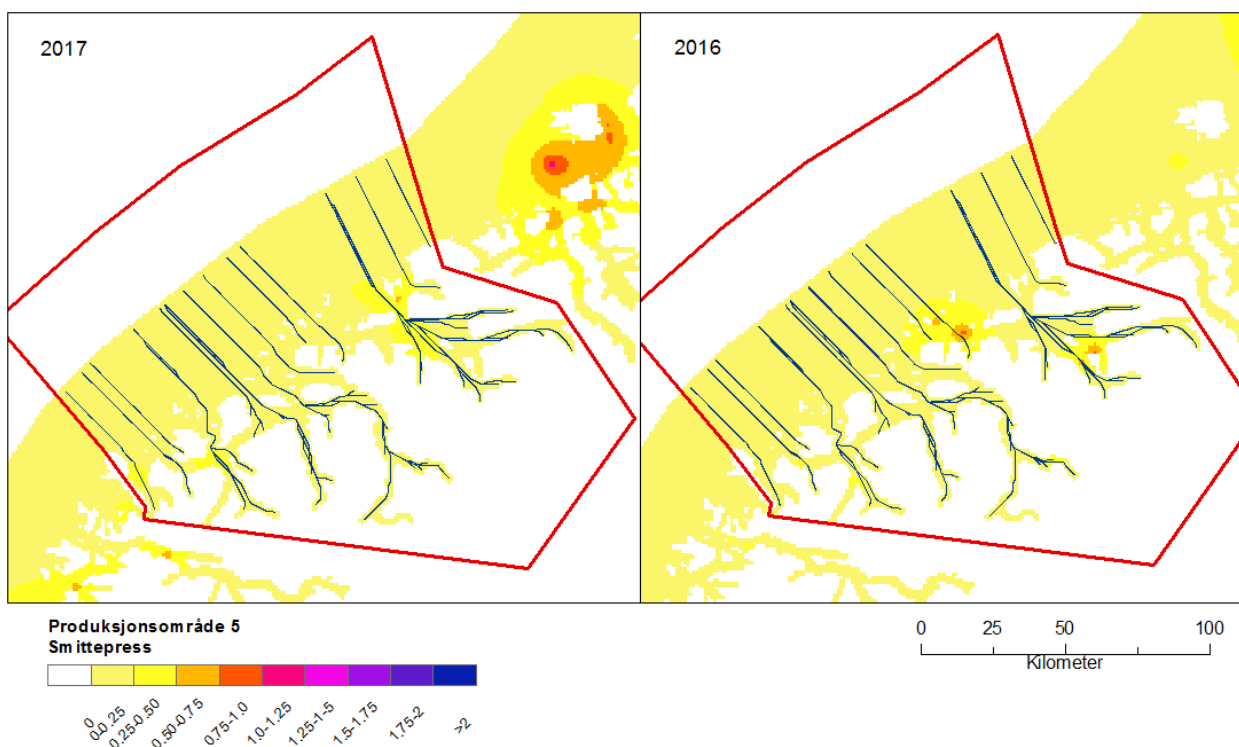
**Figur 6.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 4 i uke 21 i 2017 og 2016. Uke 21 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

**Tabell 3.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 4. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0,02	0,33	5,78
Antall lus 50 % utvandring	0,03	0,5	8,74
Antall lus slutt	0,07	1,23	21,63
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,02	3,45	65,19
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,03	3,98	67,55
<b>2016</b>			
Antall lus start	0,01	0,25	4,44
Antall lus 50 % utvandring	0,03	0,56	9,89
Antall lus slutt	0,07	1,28	22,52
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,04	4,38	56,38
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,05	5,4	59,99

## Produksjonsområde 5: Stadt til Hustadvika

Produksjonsområde 5 omfatter 44 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 7). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet høy (Tabell 4). Usikkerheten for området er derfor stor.



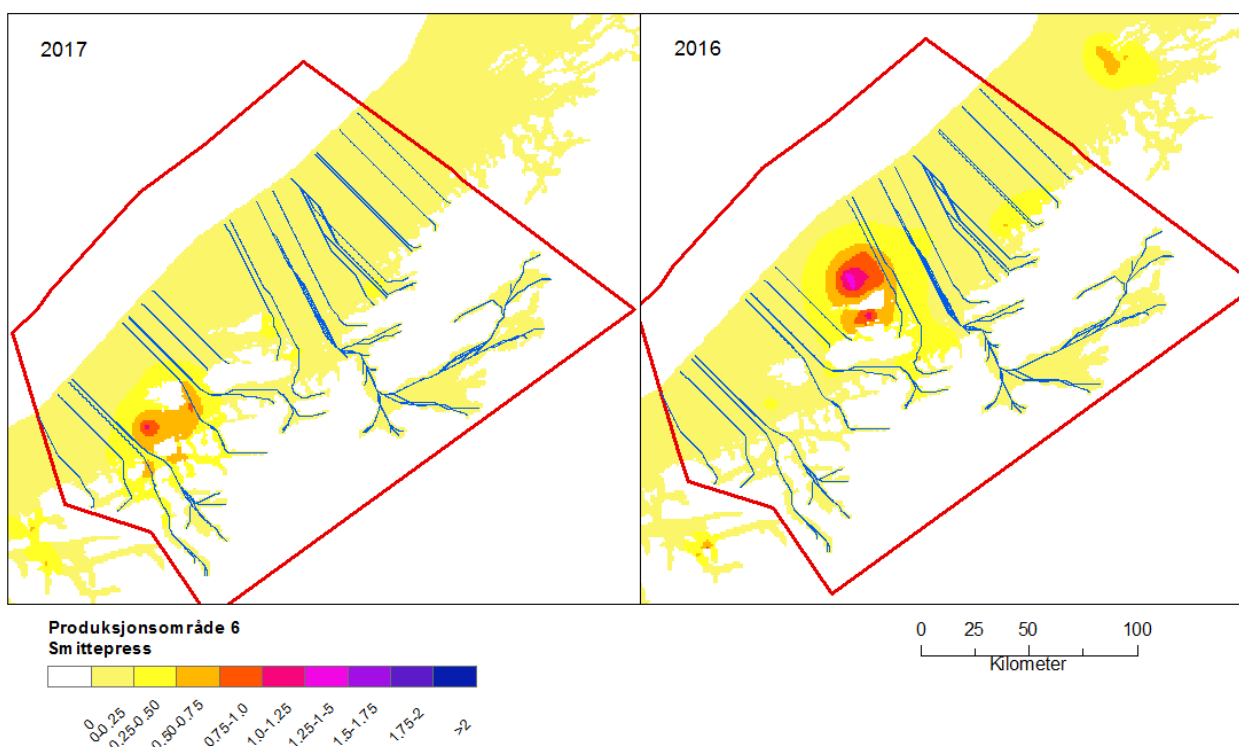
**Figur 7.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 5 i uke 21 i 2017 og 2016. Uke 21 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

**Tabell 4.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 5. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0,01	0,15	2,58
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,23	3,98
Antall lus slutt	0,03	0,6	10,61
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,01	1,03	40,52
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,01	1,55	48,61
<b>2016</b>			
Antall lus start	0,01	0,18	3,24
Antall lus 50 % utvandring	0,02	0,28	4,99
Antall lus slutt	0,03	0,57	10,06
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,01	1,24	47,18
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,01	1,68	52,31

## Produksjonsområde 6: Nordmøre til Sør-Trøndelag

Produksjonsområde 6 omfatter 62 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 8). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus så er beregnet dødelighet høy (Tabell 5). Usikkerheten for området er derfor stor.



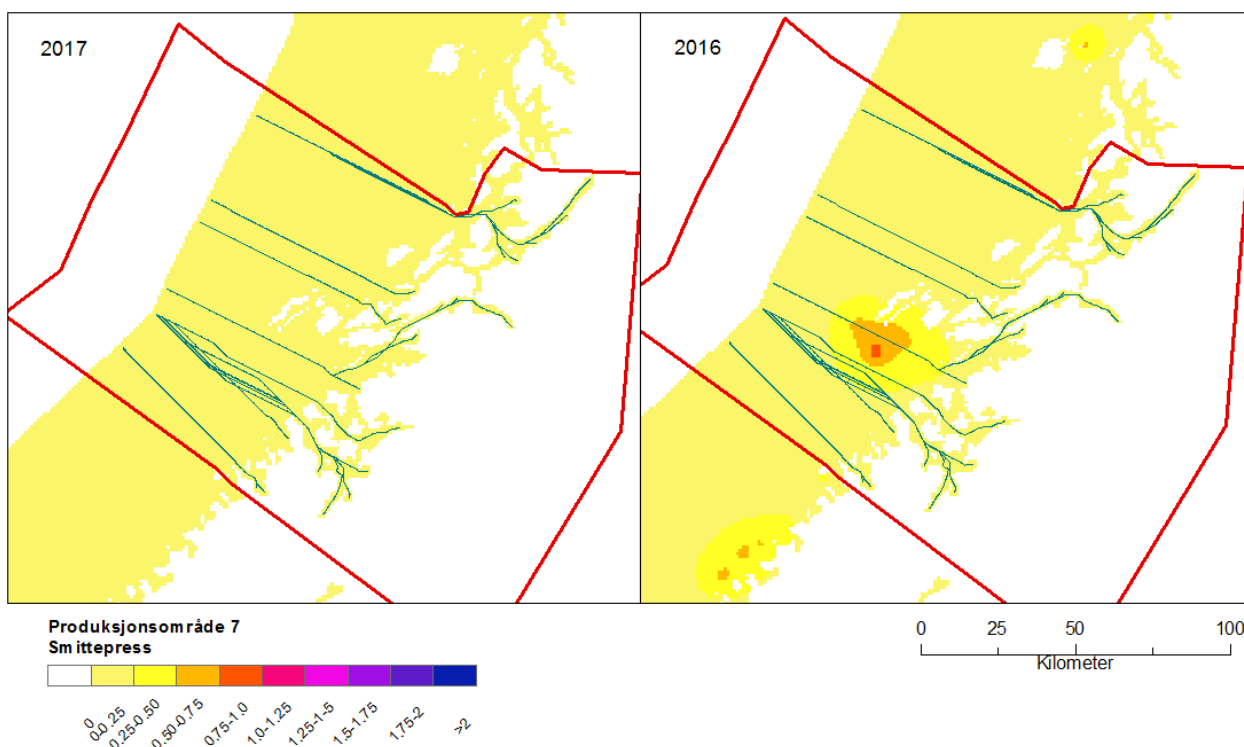
**Figur 8.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 6 i uke 21 i 2017 og 2016. Uke 21 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

**Tabell 5.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon for vassdragene i produksjonsområde 6. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0,01	0,18	3,2
Antall lus 50 % utvandring	0,02	0,3	5,28
Antall lus slutt	0,03	0,53	9,29
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,01	1,34	45,3
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,01	1,35	46,4
<b>2016</b>			
Antall lus start	0,02	0,29	5,07
Antall lus 50 % utvandring	0,03	0,45	7,88
Antall lus slutt	0,05	0,81	14,16
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,01	2,48	60,83
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,02	3,72	72,08

## Produksjonsområde 7: Nord-Trøndelag med Bindal

Produksjonsområde 7 omfatter 22 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 9). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet høy i 2016 men moderat i 2017 (Tabell 6). Usikkerheten for området er derfor moderat til stor.



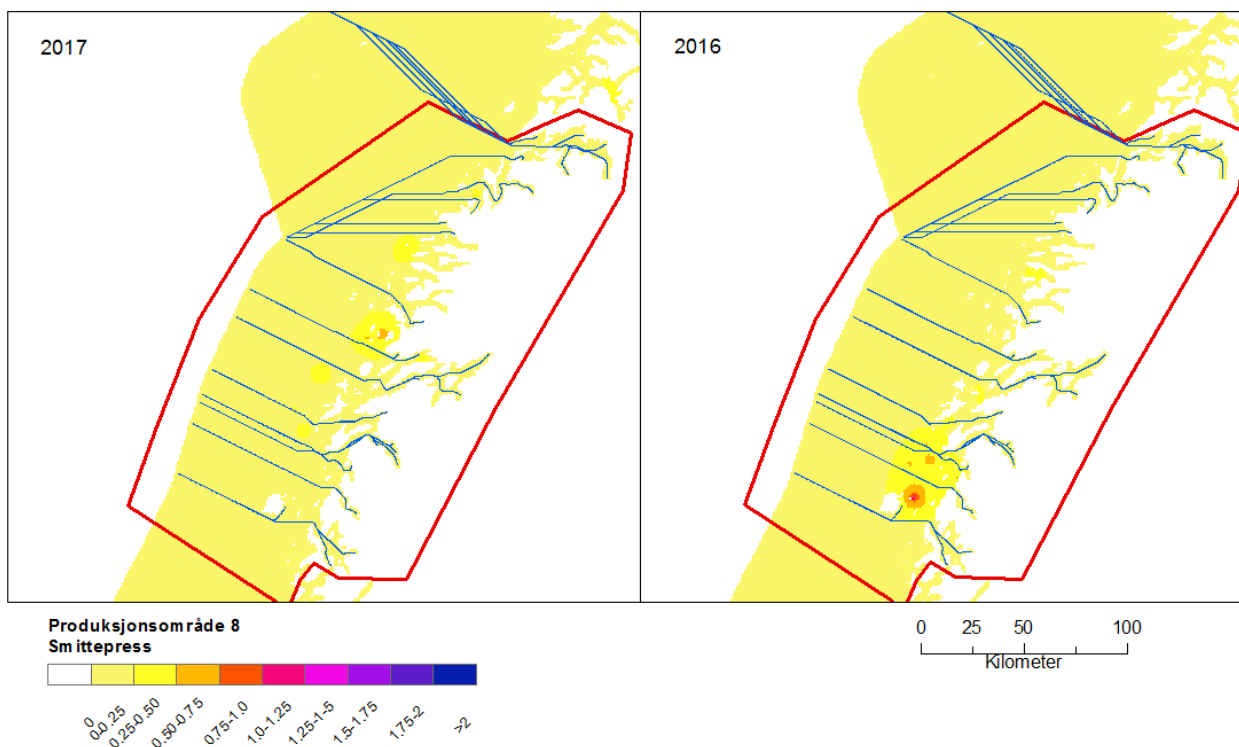
**Figur 9.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 7 i uke 22 i 2017 og 2016. Uke 22 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

**Tabell 6.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 7. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0	0,06	1,01
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,09	1,56
Antall lus slutt	0,01	0,18	3,22
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,15	15,17
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,31	23,64
<b>2016</b>			
Antall lus start	0,01	0,15	2,63
Antall lus 50 % utvandring	0,02	0,36	6,34
Antall lus slutt	0,04	0,67	11,71
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0,01	2,14	41,99
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,02	2,47	64,28

## Produksjonsområde 8: Helgeland til Bodø

Produksjonsområde 8 omfatter 30 vassdrag (Figur 10). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet høy (Tabell 7). Usikkerheten for området er derfor stor.



**Figur 10.** Kart som viser forventet antall lus som slår seg på fisk etter én ukes opphold på et gitt sted i produksjonsområde 8 i uke 25 i 2017 og 2016. Uke 25 samsvarer med antatt oppholdstid i kystnære farvann for utvandrende laksesmolt for vassdrag som munner ut i området. Blå linjer angir korteste utvandningsvei for smolt fra vassdragene innen produksjonsområdet.

**Tabell 7.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 8. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
2017			
Antall lus start	0	0,07	1,27
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,18	3,14
Antall lus slutt	0,02	0,37	6,43
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,57	30,83
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,75	37,95
2016			
Antall lus start	0,01	0,11	1,99
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,21	3,69
Antall lus slutt	0,03	0,44	7,78
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,84	34,75
Luseindusert dødelighet (vektet)	0,01	2	52,24

## Produksjonsområde 9: Vestfjorden og Vesterålen

Produksjonsområde 9 omfatter 62 vassdrag i vassdragsdatabasen. Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet moderat (Tabell 3). Usikkerheten for området er derfor moderat. Smittepresset var relativt lavt i område i begge år slik at kartfigurene er utelatt.

**Tabell 8.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon for vassdragene i produksjonsområde 9. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0	0,03	0,5
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,1	1,76
Antall lus slutt	0,01	0,19	3,4
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,24	16,49
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,34	21,7
<b>2016</b>			
Antall lus start	0	0,04	0,67
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,11	1,92
Antall lus slutt	0,01	0,19	3,28
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,28	17,59
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,32	20,96

## Produksjonsområde 10: Andøya til Senja

Produksjonsområde 10 omfatter 20 vassdrag i vassdragsdatabasen. Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet gjennomsnittlig dødelighet moderat, men marginalt høy når dødeligheten ble vektet med potensiale for smoltproduksjon (Tabell 9). Usikkerheten for området er derfor moderat til høy. Smittepresset var relativt lavt i område i begge år slik at kartfigurene er utelatt.

**Tabell 9.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 10. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0	0,06	0,98
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,16	2,77
Antall lus slutt	0,02	0,31	5,46
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,45	27,49
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,5	30,63
<b>2016</b>			
Antall lus start	0	0,06	1,12
Antall lus 50 % utvandring	0,01	0,14	2,42
Antall lus slutt	0,01	0,22	3,86
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,41	21,85
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,36	18,7



### Produksjonsområde 11: Kvaløya til Loppa

Produksjonsområde 11 omfatter 17 vassdrag i vassdragsdatabasen. Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet også lav (Tabell 10). Usikkerheten for området er derfor lav.

**Tabell 10.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 11. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0	0,02	0,3
Antall lus 50% utvandring	0	0,05	0,9
Antall lus slutt	0,01	0,12	2,16
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,08	7,79
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,07	7,73
<b>2016</b>			
Antall lus start	0	0,02	0,3
Antall lus 50% utvandring	0	0,05	0,9
Antall lus slutt	0	0,08	1,42
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,05	6,55
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,06	7,69

### Produksjonsområde 12: Vest-Finnmark

Produksjonsområde 12 omfatter 18 vassdrag i vassdragsdatabasen (Figur 14). Beregnet dødelighet som følge av lusepåslag var lav både i 2016 og 2017. Legger man imidlertid til grunn et verste scenario med høye påslag av lus, så er beregnet dødelighet moderat når det vektet for potensiell smoltproduksjon. (Tabell 11). Usikkerheten for området er derfor moderat.

**Tabell 11.** Beregnet antall påslåtte lakselus per fisk ved startdato, midlere dato og sluttdato for utvandring og beregnet luseindusert dødelighet (%) som gjennomsnitt over vassdrag eller vektet i henhold til potensialet for smoltproduksjon i vassdragene i produksjonsområde 12. Beregningene er gjort for et forventet scenario, i tillegg til et beste og verste scenario der lave og høye påslag er definert av tilfeldige effekter fra den statistiske smitte modellen.

	Beste scenario	Forventet scenario	Verste scenario
<b>2017</b>			
Antall lus start	0	0,01	0,13
Antall lus 50 % utvandring	0	0,02	0,41
Antall lus slutt	0	0,06	1,12
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,02	2,92
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,11	10,4
<b>2016</b>			
Antall lus start	0	0,01	0,25
Antall lus 50 % utvandring	0	0,03	0,59
Antall lus slutt	0	0,03	0,54
Luseindusert dødelighet (gj.sn.)	0	0,04	4,35
Luseindusert dødelighet (vektet)	0	0,11	12,63

## Produksjonsområde 13: Øst-Finnmark

Produksjonsområde 13 omfatter 18 vassdrag. Smittepress ved utvandring av laksesmolt er nært 0 i hele Øst-Finnmark. Beregningene av dødelighet er null for området og det vises derfor ikke kart eller data fra dette området.

## Diskusjon

Denne rapporten presenterer en risikomodel for risikovurdering av luseindusert dødelighet av vill laksesmolt i 13 produksjonsområder for oppdrettslaks langs kysten. I risikomodellen er det smittepresset av lus med opphav fra oppdrettsfisk, som bidrar til lusepåslaget på vill laksesmolt. Beregnede lusepåslag og luseindusert dødelighet er gjort for i alt 401 vassdrag, for årene 2012 - 2017, for ulike beregnede utvandringstider og for scenarier med erfaringsbaserte lave, midlere og høye lusepåslag relativt til beregnet smittepress. 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. Det er imidlertid også verd å merke seg at en del av de større trendene i vurderingene er fornuftige. Her kan nevnes at sannsynlighetene for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt, slik dette er definert i risikomodellen, generelt avtar i de nordlige produksjonsområdene. Denne sannsynligheten er også minimal for produksjonsområde 1, der det er liten og svært konsentrert oppdrettsvirksomhet. Videre, var det generelt større sannsynlighet for luseindusert dødelighet i 2016 og 2017, enn i de tidligere årene. Endelig synes vassdrag med lengst utvandningsrute gjennom oppdrettstette områder å ha størst sannsynlighet for luseindusert dødelighet av vill laksesmolt. I det følgende diskuteres noen av usikkerhetene som vurderes som mest betydelige for resultatene.

Smittemodellen som brukes til å oversette smittepress til lusepåslag på utvandrende laksesmolt er tilpasset lusepåslagene på fisk i bur. Ved siden av smittepress og eksponeringstid i bur, er det også en tilfeldig effekt i denne modellen. Den tilfeldige effekten fanger opp systematisk variasjon i lusepåslag på burfisk knyttet til området og tidsperioden burene har stått. I det vi kaller et forventet scenario tar vi ikke med den tilfeldige effekten. Vi bruker derimot den tilfeldige effekten til å modellere et beste og verste scenario der best og verst representerer henholdsvis de 5% laveste og 95 % høyeste påslagene av lus som er fanget opp av den tilfeldige effekten. Scenariene representerer dermed erfaringsbasert variasjon i påslag, som ikke forklares av smittepress.

I 2017 ble det gjennomført mange nye burforsøk, til dels også i nye områder langs kysten. Med unntak av burforsøkene i Boknafjorden, hadde burforsøkene fra alle områder og perioder i 2017 systematisk høyere lusepåslag enn smittepresset skulle tilsi. Dette økte den tilfeldige effekten i modellen betydelig, noe som har ført til større beregningsforskjeller mellom scenariene enn vi hadde ved beregning av modellen fra burdata fra 2013 - 2016 (Kristoffersen et al, 2017). Med andre ord, inkorporering av nye data for 2017 har økt usikkerheten i modellberegningene. Vi vet ikke hva de unormalt høye påslagene relativt til beregnet smittepress i 2017 skyldes, men dette blir det viktig å få mer innsikt i.

Ved å bruke en smittemodell som er utledet fra burfisk, antar vi at forholdet mellom smittepress og påslag av lus er likt for en utvandrende smolt og en fisk i bur. Det er mulig at den aktive svømmingen til en utvandrende fisk vil øke sannsynligheten for påslag. Hvis dette er tilfelle, underestimerer smittemodellen lusepåslaget på utvandrende fisk. Det er imidlertid også mulig at burfisken får høyere påslag enn utvandrende smolt, for eksempel ved at de er større enn laksesmolten.

Tid for utvandring, utvandningsrute og svømmehastighet er alle usikre størrelser i risikomodellen. Tidsrommet utvandringen foregår i er også viktig, fordi smittepresset fra oppdrett generelt stiger markant fra tidene som angis som oppstart i vassdragsdatabasen og mot angitt sluttid for utvandring. Utvandningsruten 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. Endelig er svømmehastigheten av stor betydning for hvor lenge fisken eksponeres for ulike smittepress.

Definisjonen av smitteindusert dødelighet er en annen stor usikkerhetsfaktor. I denne risikomodellen beregner vi påslagene av luse-larver og antar skjematisk at et gitt antall påslåtte larver medfører en gitt prosentvis dødelighet. Vi gjør ingen betraktninger rundt overlevelse av larvene frem til de mest patologiske; preadulte og adulte stadier. Dette siste forholdet går i retning av at vi overestimerer luseindusert dødelighet i risikomodellen. I tillegg, gjør vi ingen betraktninger av hvilken effekt beregningen av luseindusert dødelighet vil ha på bestander av villaks. Med denne bakgrunn er det klart at dødelighetskriteriene i risikomodellen er grovt forenklet og usikre.

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

## Referanser

Aldrin, M., Storvik, B., Kristoffersen, A.B., Jansen, P.A., 2013. Space-time modelling of the spread of salmon lice between and within Norwegian marine salmon farms. PLOS ONE 8, 6.

Aldrin, M., 2016. Havforskningsinstituttets spredningmodell for kopepoditter validert mot burdata fra 2014. Norsk Regnesentral, SAMBA/15/16.

Forseth, T., Barlaup B. T., Finstad, B., Fiske, P., Gjøsæter, H., Falkegård, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H., Thorstad, E.B., Vøllestad, L.A., Wennevik, V., 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. ICES Journal of Marine Science, doi:10.1092/icesjms/fsx020.

Kristoffersen, A. B., Jimenez, D., Viljugrein, H., Grøntvedt, R., Stien, A., Jansen, P. A. (2014). Large scale modelling of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection pressure based on lice monitoring data from Norwegian salmonid farms. Epidemics, 9, 31-39.

Kristoffersen, A.B., Qviller, L., Viljugrein, H., Helgesen, K.O., Jansen P.A., 2017. Vurdering av lakselusindusert dødelighet av villaks. Veterinærinstituttet 2017, Rapport-8.

Nilsen, Rune, Rosa Maria Serra-Llinares, Anne Dagrund Sandvik, Kristine Marit Schrøder Elvik, Lars Asplin, Pål Arne Bjørn, Ingrid Askeland Johnsen og Ørjan Karlsen (*Havforskningsinstituttet*); Bengt Finstad, Marius Berg og Ingebrigt Uglem (*Norsk institutt for naturforskning*); Knut Wiik Vollset og Gunnar B. Lehmann (*UNI Research - Miljø*), 2017. Lakselusinfestasjon på vill laksefisk langs norskekysten i 2016. Rapport fra havforskningen, Nr. 1 - 2017.

Stien, A., Bjørn, P.A., Heuch, P.A., Elston, D.A., 2005. Population dynamics of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on Atlantic salmon and sea trout. Mar. Ecol. Prog. Ser. 290, 263-275

Karlsen, Ø., Johnsen, I.A., Skarøhamar, J., Sandvik, A., Albretsen, J., Nilsen, R., Serra Llinares, R.M., Asplin, L., Skilbrei, O., Halttunen, E., Finstad, B., Berg, M., Taranger, G.L., Bjørn, P.A., 2016. Risikovurdering lakselus - 2015. I: Svåsand T., Karlsen, Ø., Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L., Boxaspen K.K. (red.). 2016. Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016. Fisken og havet, særnr. 2-2016.

E. B. Thorstad, F. Whoriskey, I. Uglem, A. Moore, A. H. Rikardsen, B. Finstad, 2012. A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post-smolt migration. J. Fish Biol. 81: 500 - 542.

Taranger, G. L., Karlsen, O., Bannister, R. J. *et al.* (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. *Ices Journal of Marine Science*, 72(3), 997-1021.

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

## Vedlegg 1

Under er et sett av 2 lenker til tabeller med beregninger av lusepåslag og luseindusert dødelighet for vill laksesmolt fra 401 vassdrag fra NINA's vassdragsdatabase for årene 2016 og 2017. Kolonneforklaringene i tabellen er:

- Kolonne 1, ID: Vassdragsnummer i REGINE-systemet for hovedvassdrag (har ikke nummerert sidevassdrag i denne fila, selv om de kan ha egne nummer i REGINE-systemet). Eneste stedet hvor denne lista avviker fra REGINE-systemet er for Norddalselva i Åfjord som vi har gitt vårt «eget» nummer 135.Zb, men som i REGINE-systemet er angitt sammen med Stordalselva 135.Z, siden de to vassdragene renner ut i flomålet på samme sted.
- Kolonne 2, Objektavn: Navn på vassdraget. For de fleste vassdrag er en kortform benyttet. Navnet på vassdrag er ikke unikt, mens vassdragsnumrene er unike. Det kan finnes flere synonyme navn på samme vassdrag (lokale vil ikke oppfatte navnene som synonyme), det er litt tilfeldig hvilket navn som er brukt her.
- Kolonne 3, PO: Produksjonsområde
- Kolonne 4, Smp: Beregnet gjennomsnittlig smittepress smolten eksponeres for under utvandring langs utvandningsruten
- Kolonne 5, lengde: Utvandringsdistanse fra elveutløp til hav
- Kolonne 6, Ant: Forventet antall lus per fisk for forventet scenario
- Kolonne 7, AntV: Forventet antall lus per fisk for verste scenario
- Kolonne 8, Død; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte for forventet scenario
- Kolonne 9, DødV; Andel fisk beregnet til å dø av lusesmitte for verste scenario

## Vedlegg 2

Beregnet lusepåslag og luseindusert dødelighet for alle produksjonsområder og år fra 2012 - 2017 (se Tabell 1 for forklaring).

## Vedlegg 3

Boksplot som viser variasjon i beregning av luseindusert dødelighet (%) mellom vassdrag innen produksjonsområder, og hvordan dødeligheten påvirkes av endringer av parametere som styrer forskjellige prosesser i risikomodellen. Basal modell viser variasjonen mellom vassdrag for forventet og verste scenario uten endring av parametere i risikomodellen. Lav og høy progresjon tilsvarer svømmehastigheter på  $4.25 \text{ cm s}^{-1}$  og  $12.75 \text{ cm s}^{-1}$ ; lav og høy dødelighet representerer tilnærmet halvering og dobling av sannsynlighet for dødelighet relatert til lusesmitte; forsert og forsinket representer utvandring 2 og 4 uker før eller etter utvandring i basal modell.

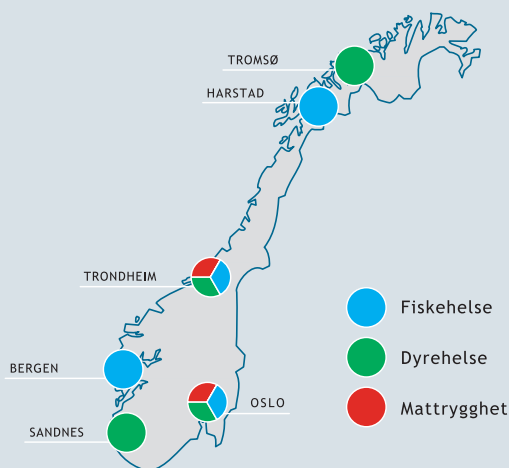
<https://www.vetinst.no/rapporter-og-publikasjoner/rapporter/2017/risikomodel-for-quantifisering-av-luseindusert-dodelighet-pa-villaks/vedlegg-til-rapport-23-2017>

*Faglig ambisjøs, fremtidsrettet og samspillende - for én helse!*

Veterinærinstituttet er et nasjonalt forskningsinstitutt innen dyrehelse, fiskehelse, mattrygghet og fôrhygiene med uavhengig kunnskapsutvikling til myndighetene som primæroppgave.

Beredskap, diagnostikk, overvåking, referansefunksjoner, rådgivning og risikovurderinger er de viktigste virksomhetsområdene. Produkter og tjenester er resultater og rapporter fra forskning, analyser og diagnostikk, og utredninger og råd innen virksomhetsområdene. Veterinærinstituttet samarbeider med en rekke institusjoner i inn- og utland.

Veterinærinstituttet har hovedlaboratorium og administrasjon i Oslo, og regionale laboratorier i Sandnes, Bergen, Trondheim, Harstad og Tromsø.



Fiskehelse



Dyrehelse



Mattrygghet



Oslo  
postmottak@vetinst.no

Trondheim  
vit@vetinst.no

Sandnes  
vis@vetinst.no

Bergen  
post.vib@vetinst.no

Harstad  
vih@vetinst.no

Tromsø  
vitr@vetinst.no

[www.vetinst.no](http://www.vetinst.no)



**Veterinærinstituttet**  
Norwegian Veterinary Institute