

Analyse af risikoen for lakselus ved placering af nye havbrug i danske farvande

Fødevarestyrelsen har i brev af 22.maj 2017 anmodet om en analyse af risikoen for lakselus ved placering af nye havbrug i danske farvande **J. nr 2017-14-81-04633**, idet DTU Vet er blevet bedt om at være tovholder på besvarelsen med inddragelse af ekspertise fra KU-Sund IVH og DTU Aqua. Analysen skal beskrive hvilke lakselus-relaterede forholdsregler, der kan være relevante at tage ved placering og drift af nye havbrug med regnbueørred og laks.

Sammendrag

Lakselus er for tiden det største problem for lakseindustrien i Norge, Skotland og Færøerne og meget betydelige forskningsmidler anvendes på udvikling af bæredygtige profylaktiske og terapeutiske tiltag. På baggrund af litteraturstudier og egne undersøgelser i Danmark har en gruppe bestående af seniorforsker Anders Koed, DTU-Aqua, professor Kurt Buchmann, KU-Sund og professor Niels Jørgen Olesen, DTU-Vet udarbejdet følgende rapport og kortfattede svar på de stillede spørgsmål

- områder, hvor lakselus sandsynligvis vil blive et stort problem under diverse forudsætninger: *Ved salinitet >25 ‰*
- områder, hvor lakselus muligvis kan blive et problem: *Ved salinitet mellem 18 ‰ og 25 ‰*
- områder, hvor lakselus sandsynligvis ikke vil blive et problem: *Ved salinitet <18 ‰*
- Hvilke fiskearter vil udgøre infektionsreservoaret for lakselus i danske farvande: *Havørred, Atlanterhavslaks og muligvis regnbueørreder*
- Eksisterende viden om udbredelsen af lakselus i den nuværende danske havbrugsproduktion: *Lakselus er observerede i danske havbrug ved høje saliniteter*
- Vurdering af om udbredelse af lakselus i nuværende havbrug har medført smitte til modtagelige vilde fiskearter og eventuelt sygdomsproblemer hos modtagelige vilde fiskearter: *Sandsynligheden for at der er sket smitte og efterfølgende sygdomsproblemer vurderes at være lav*
- Vurdering af risikoen for smitte med lakselus fra havbrugsfisk til den modtagelige del af den vilde fauna: *Risikoen vurderes at være lav m.h.t. nuværende havbrug men risikoen kan øges ved øgede saliniteter.*
- Braklægning som begrænsende faktor for lakselus: *Vurderes at være positiv for reduktion af eventuelt smittetryk.*
- Relevans af etablering af et overvågningsprogram for lakselus: *Det vil være relevant at etablere et overvågningsprogram omfattende både opdrættede og vilde ørreder ved højere saliniteter*

Baggrund:

Lakselus, (*Lepeophtheirus salmonis*) regnes som den vigtigste, begrænsende faktor for lakseopdrættet i Norge (EURL workshop 2016). I forbindelse med eventuel oprettelse af havbrug i Kattegat har der været rejst spørgsmål om sådanne kan medføre øgede risici for lakselusangreb i fritlevende bestande af laks og ørred i Danmark.

Lakselusens biologi

Lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*) er et parasitisk krebsdyr tilhørende copepod gruppen, som findes på laksefisk, hvor den lever af slim, hud og blod. Hannerne bliver op til 5 mm og hunnerne ofte mere end 10 mm lange. Lakselus har en generationstid på ca. 6 uger ved en temperatur på 10–12 °C. Lakselus er en marin parasit og kan derfor ikke gennemføre livscyklus ved lav salinitet eller i ferskvand. Den har en relativt kompleks livscyklus med en række livsstadier omfattende æg-, nauplius-, copepodit, chalimus-, preadult- og voksenstadiet.

Lakselusen er naturligt hjemhørende på laks og havørred i danske farvande med høj salinitet. Arten blev således beskrevet af den danske zoolog Henrik Nikolai Krøyer i 1837, og blev på det tidspunkt betegnet som almindelig på atlanterhavslaksen *S. salar* (Krøyer 1837; Buchmann 1997).

Lakselus kan have betydelig negativ effekt på vilde havørreder og laks og for en nærmere redegørelse herom henvises til Bilag 1.

Svar på spørgsmål:

Salinitet, temperatur og andre relevante forhold.

Salttolerancen varierer med lakselusens livsstadier, men opsummeret er lakselus afhængig af en relativ høj salinitet for at gennemføre livscyklus. Der er en kompleks sammenhæng mellem saltholdighed og temperatur og populationsdynamikken hos lakselus.

Et eksperimentelt studie af Johnson & Albright (1991) viste at aktive naupliuslarver kunne produceres ved salinitet på 20 ‰ og derover men ikke ved 15 ‰, medens antallet af aktive copepodider (første infektiøse stadiet) forekom ved 30 ‰ og var fraværende ved 25 ‰ salinitet og derunder på laks.

Bricknell et al. 2006 viste, at overlevelse af det frit svømmende copepoditstadium var væsentligt nedsat ved salinitet under 29 ‰ og at de aktivt søgte mod højere salinitet ved 27 ‰. Til gengæld kunne fasthæftede lus blive siddende længere på fisk ved lavere salinitet end forudset ud fra overlevelsedata af frit svømmende stadier. Således viste Hahnenkamp og Fyhn (1985) at medens fritsvømmende stadier overlevede < 8 timer i ferskvand kunne voksne stadier overleve i mindst 1 uge under ferskvandsforhold.

Helland et al. 2012, Torstad et al. 2014 og Torstad et al. 2015 har vist betydelig effekt af lakselus på vilde havørreder og at der er sammenhæng mellem afstand til lakseopdræt og luseantal. Alle undersøgelser er dog foretaget på laks og med beregning på 34‰ salinitet og anbefaler yderligere studier af effekten af salinitet.

Wright et al. 2016 beskriver effekten af ferskvandsbehandling på lakselus og viste op mod 100% dødelighed på under en time af fritsvømmende copepodit- og naupliuslarver i ferskvand (< 1‰).

Rittenhouse et al. (2016) har, i forbindelse med en udarbejdelse af en dynamisk model til forudsigelse af infektionsrater for lakselus i havbrug, lavet en meta-analyse af betydningen af saltholdighed og temperatur for lakselus' populationsdynamik. Kendte dødeligheder og overlevelse, fra en lang række videnskabelige undersøgelser, for alle lakselusens livsstadier, i forhold til salinitet og temperatur, er inkorporeret i modellen. Modellen tager også højde for variationer i salinitet og temperatur over året. Analysen viser, med brug af disse data og ved at parametrisere salinitetsafhængige logistiske mortalitetskurver, at lakselus populationer er levedygtige (kan opretholde populationsstørrelsen) på laks ved alle temperaturer, når saliniteten er 18 ‰ eller derover. Rittenhouse et al. (2016) anvender bl.a. modellen til forudsigelse af lakselus populationsdynamik på laks i havbrug ved Syd Newfoundland hvor salinitetsregimet angives til "5th percentile = 19,92 ‰, median = 22,77 ‰, 95th percentile = 26.06 ‰".

Et nyligt tilsvarende studium af Groner et al. 2016 viste positiv vækstrate af lakseluspopulationer ved salinitet på over 21 ‰ ved 16 °C og på over 23 ‰ ved 12 °C, medens vækstraten var negativ ved lavere saliniteter og under alle temperaturforhold. Da Johnson & Albright (1991) fandt at æg af lakselus kan udvikle sig til levende nauplii ved saliniteter på 20 ‰ men ikke på 15 ‰ beregner Groner et al. (2016), at æg af lakselus kan udvikle sig ned til ca. 18 ‰.

Fælles for alle publikationer er dog at *L. salmonis* har vækstoptimum ved fuld salinitet ned til 29 ‰.

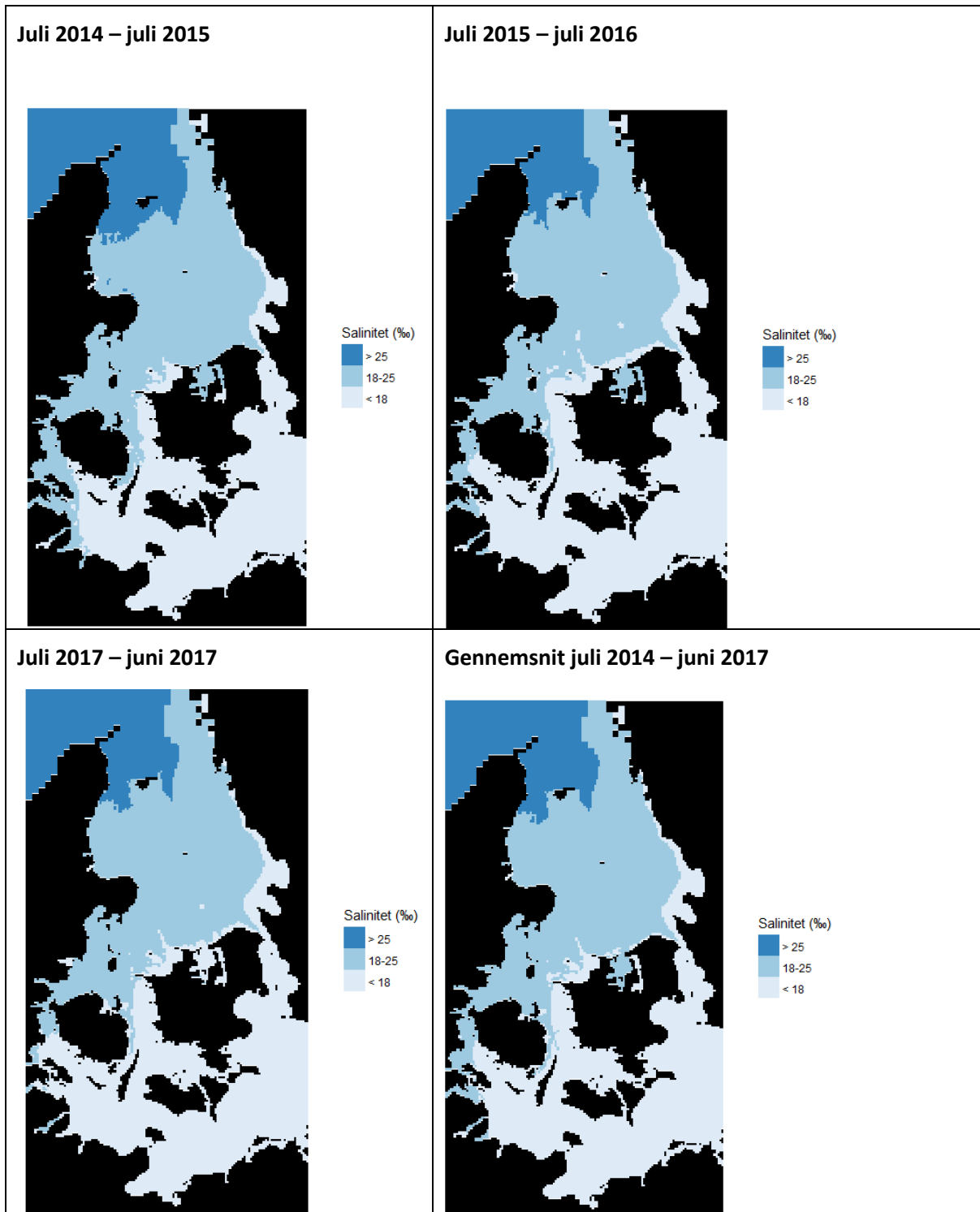
Alle ovennævnte studier har beskæftiget sig med antal lus og overlevelse af lusens forskellige stadier, og det har kun været muligt at finde litteratur om fekunditet af lus udsat for lav salinitet i en enkelt artikel (se nedenfor), medens hidtidige studier af lakselus livscyklus og reproduktionspotentiale alle er udført ved fuldstyrke salinitet på omkring 34 ‰. (Heuch and Schram, 1999, Heuch et al. 2000). Et nyligt studium publiceret som preprint af Ljungfeldt et al. 2017 viste dog at der er genetisk betinget varierende overlevelse af voksne stadier af lakselus ved lav salinitet (15.5-16.3 ‰) med 8,5% og op til 42% overlevelse af lus der stammer fra område med stærk varierende salinitet mellem 13 ‰ og 30 ‰ i modsætning til 0,2% til 18,5% overlevelse af lus fra høj saline områder. Til gengæld er fekunditeten af de overlevende voksne hunner efter lav salt koncentration meget stærkt påvirket idet ingen levende copepoditer udvikledes fra de få nauplier der blev klækket ved fuld salinitet fra mødre der havde været udsat for lav saltholdighed. Alle undersøgelserne blev udført på laks og med lus indsamlede fra fjordområde med varierende salinitet 13-30 promille fra regnbueørreder medens lus fra fuld-saline områder var fra laks.

De overfor angivne livscyklusundersøgelser og modelberegninger er baseret på lakselus parasiterende atlantehavslaks. Der foreligger ikke tilsvarende undersøgelser for lakselus påhæftet regnbueørreder, som udvikler en immunreaktion i huden mod lakselus, hvilket kan påvirke parasitens fekunditet og dermed populationsforhold. Da den følgende besvarelse vedrører regnbueørredopdræt i dansk farvand bør man tage udgangspunkt i observationer her.

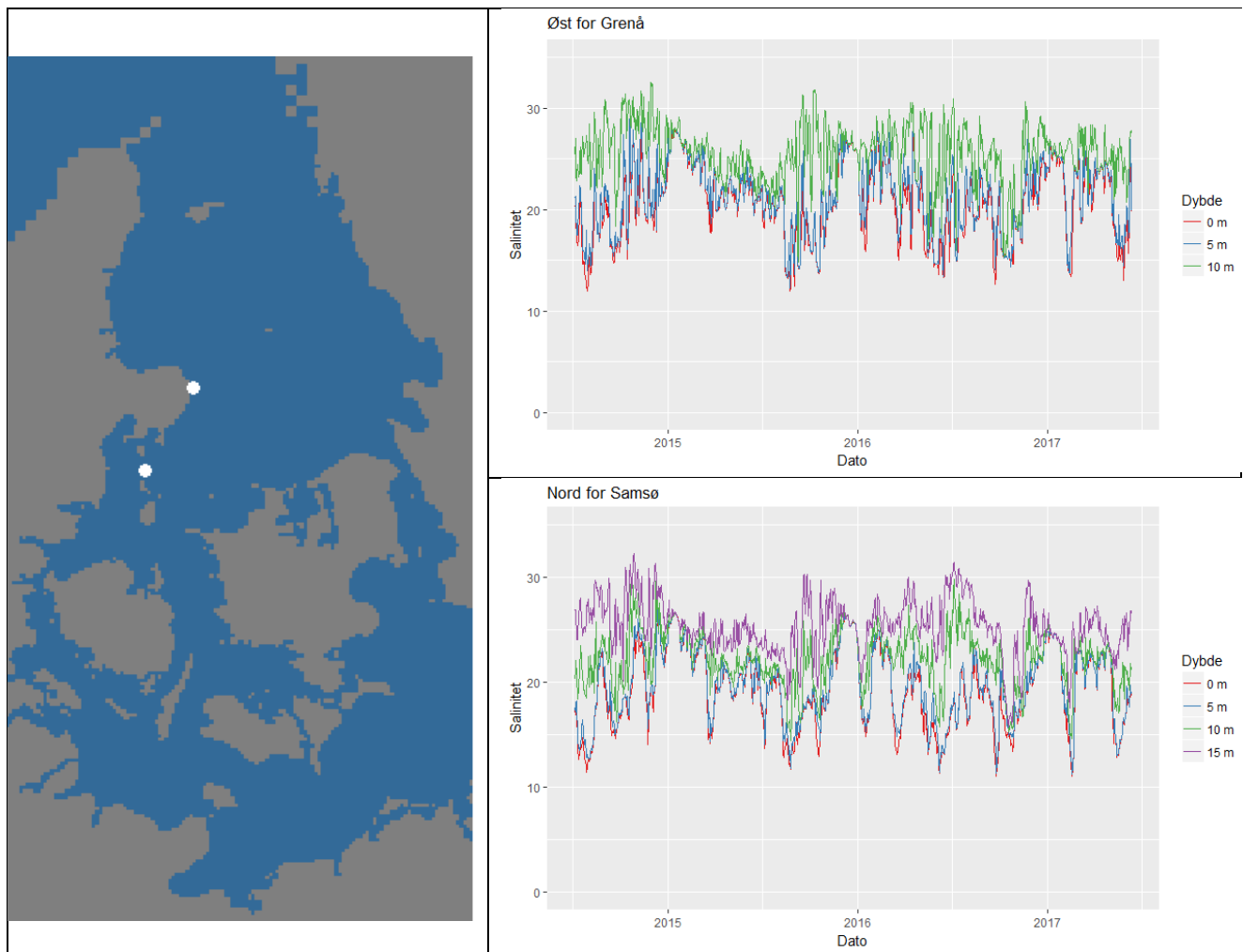
På baggrund af de teoretiske modelberegninger foretaget af Rittenhouse et al. (2016) og Groner et al. 2016 med data om lakselus på Atlantisk laks sættes grænsen for hvor lakselus "sandsynligvis vil blive et stort problem til 25 ‰". Da overlevelsesstudier medtaget i disse modelberegninger ligeledes indikerer at lus vil kunne persistere ved saliniteter ned til 18 ‰ sættes den nedre grænse for områder hvor lakselus muligvis kan blive et problem hertil.

De danske farvande kan derved inddeles i tre områder i forhold til salinitet (Figur 1):

- 25 ‰: områder, hvor lakselus sandsynligvis vil blive et stort problem under forudsætning af forekomst af ægbærende hunlus og modtagelige værtsfisk
- 18 – 25 ‰: Områder hvor lakselus muligvis kan blive et problem og
- < 18 ‰: Områder, hvor lakselus sandsynligvis ikke vil blive et problem



Figur 1. Inddeling af de indre danske farvande efter den gennemsnitlige saltholdighed (baseret på saliniteter i hhv. 0 m, 5 m, 10 og 15 m's dybde) i forhold til hvor det vurderes, at lakselus i havbrug kan blive et problem. Se tekst for yderligere forklaring. Data vedrørende salinitet i perioden 6. juli 2014 – 11. juni 2017 er hentet fra EU Kommissionens CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring Service; <http://marine.copernicus.eu/>).



Figur 2. Saliniteten på to udvalgte stationer, nord for Samsø og øst for Grenå, i hhv. 0 m, 5 m, 10 og 15 m's dybde (ved Grenå er max dybden lavere end 15 m og er derfor ikke vist). Figuren illustrer, at der er store variationer i saliniteten i forhold til årstid, år-til-år og vanddybde på begge lokaliteter.

Danske netbure til regnbueørreder er typisk mellem 5 og 8 m dybe, dog med enkelte ned til 10 meter hvor forholdene tillader det. Det må forventes at netbure vil være dybere, ned til 16 m i eventuelt kommende havbrug i Danmark.

I Kattegat varierer saliniteten betydeligt, både rumligt og med årstiden (Figur 1 og Figur 2) – se link for en animation, der viser middel saliniteten i de øverste 15 meter af vandsøjlen (<http://130.226.135.83/temp/meanSalt.mp4>). Animationen viser bl.a., at saliniteten i hele Kattegat kan være omkring eller over 20 ‰ gennem længere perioder og kan nå op på optimal salinitet for lakselus på over 29 ‰ i kortere perioder. Det skal bemærkes, at salinitetsmodellen er baseret på punktmålinger og dermed behæftet med en vis usikkerhed.

Variationen i salinitet i de indre farvande mellem årene er betragtelig, og det kan på den baggrund forventes, at eventuel forekomst af lakselus vil være ganske varierende fra år til år.

Ud fra teoretiske betragtninger kan det foreslås, at etablering af havbrug med regnbueørreder i områder, som er på grænsen af lakselusens udbredelsesområde i forhold til salinitet, kan skabe et

selektionstryk, der kan resultere i fremkomst af populationer af lakselus, med øget tolerance over for lav salinitet. Ljungfeldt et al (2017) påpeger således, at behandling af laks mod lakselus med ferskvand kan føre til at lus udvikler øget tolerance mod lavere saliniteter. Lakselusen har generelt en høj tilpasningsevne. Den har vist sig at være særdeles god og hurtig til at udvikle resistens mod diverse bekæmpelsesmidler, og Igboeli et al. (2014) har beskrevet populationer med nedsat følsomhed overfor hydrogen-peroxid, som er et udbredt bekæmpelsesmiddel i havbrug (Helgesen et al. 2015). Studier i British Columbia indikerer at lakselus muligvis har tilpasset sig lavere salinitet end på østkysten (Groner et al 2016). I Danmark har der ikke været gennemført løbende overvågningsprogrammer m.h.t. lakselusforekomst i vilde og opdrættede bestande. DTU-VET og KU-SUND har dog jævnligt undersøgt havbrugsregnbueørreder i forbindelse med fiskehelseundersøgelser, og har ikke observeret problemer med forekomst af lakselus. Som det er angivet nedenfor er der ved gennemførelse af to målrettede specifikke lakselusundersøgelser observeret et mindre antal lus (ikke-ægbærende individer).

Hvilke fiskearter vil udgøre infektionsreservoiret for lakselus i danske farvande?

Havørred *Salmo trutta* og atlantehavslaks *Salmo salar* er yderst modtagelige for lakselus (Dawson et al. 1997) og begge arter vides i danske farvande at bære kønsmodne hunner med ægstreng. KU-SUND har således i årene 2011, 2012, 2013 og 2014 gennemført en undersøgelse af lakselusforekomsten på i alt 58 atlantehavslaks i Danmark. Opgangslaks i hhv. Skjern å og Gudenå indgik i opgørelsen. Der fandtes på alle laks infektion med kønsmodne hunlus med veludviklede ægstreng på disse vilde atlantehavslaks, som vandrede ind i åsystemerne fra de marine områder. Ikke-systematiske men løbende registreringer på KU-SUND af lakselus på danske havørreder (indsendelser fra sportsfiskere af fundne lus, fotos) har vist, at voksne hunlus med ægstreng transporteres på vilde havørreder i mindre salte områder, herunder bl.a. Storebælt og Horsens fjord.

En væsentlig forskel på Atlantisk laks og havørred er, at laks altid bevæger sig op i Norskehavet og Polarhavet på fødevandring, dvs. tilbagevendende gydelaks kommer fra fuldstyrke saltvand, dvs. ca. 34 ‰. Danske havørreder lever derimod, i vid udstrækning, hele deres marine liv i de indre danske farvande, hvor saliniteten er lavere. En del undersøgelser har vist, at havørreder fra Karup Å, tilløb til Mariager Fjord og tilløb til Randers Fjord i høj grad vandrer fra Kattegat sydpå til de indre danske farvande (Pedersen & Rasmussen 2004; Pedersen et al. 2006; Johansen & Løfting 1919; Kim Aarestrup, personlig kommunikation). Fund af voksne hunlus med ægstreng i de danske farvande kan således tyde på, at lakselus gennemfører hele livscyklus her.

Oncorhynchus-arterne Pukkellaks (*Oncorhynchus gorbuscha*) og ketalaks (*Oncorhynchus keta*) er modtagelige for infektion med *L. salmonis* (Morton et al. 2004) ligesom regnbueørred (*Oncorhynchus mykiss*), kongelaks (*Oncorhynchus tshawytscha*) og coholaks (*Oncorhynchus kisutch*) (Johnson et al. 1992, Fast et al. 2002). *Oncorhynchus* arter regnes for mindre modtagelige og følsomme end *Salmo* arterne, hvilket kan tilskrives højere lysosym aktivitet i slim, hurtigere immunsvare og tykkere hudlag i *Oncorhynchus* (Fast et al. 2002a; Fast et al. 2002b). Men regnbueørreders følsomhed er fortsat ikke endelig afklaret og der mangler forskning på området (Gjerde and Saltkjelvik 2009). Det skal her understreges, at følsomhed kan tolkes ud fra

sammenligning af antal lakselus pr g. fisk, som er den metode der mest er brugt, eller som forskellige arters evne til at udvikle kønsmodne hunner med ægstreng og levedygtige nauplius-larver, hvor tilstedeværelse af ægstreng på en hunlus vil være en indikation på, at værten kan tjene som reservoir.

Ved løbende undersøgelser på DTU-VET og KU-SUND samt to systematiske undersøgelser ved KU-SUND er der endnu ikke registreret eller rapporteret om regnbueørreder med påhæftede voksne hunlus med ægstreng i danske regnbueørred-havbrug. Immunmekanismer i huden på forskellige fiskearter kan påvirke ægproduktion og kvalitet af æg produceret hos ektoparasitter, hvilket efterfølgende kan påvirke infektiviteten af infektive larver. Det er derfor væsentligt at påpege, at arter indenfor slægten *Oncorhynchus*, herunder regnbueørreden (Johnson & Albright 1992; Fast el. 2002), kan inficeres af copepodstadiet, som efterfølgende kan udvikles til senere stadier, men fiskene reagerer stærkere (end laks og ørred) med innate immunmekanismer i huden ved påslag af lakselus.

Et studium fra Irland (O'Donohoe et al. 2016) har vist, et betydeligt antal lus på regnbueørreder i et havbrug der blev fulgt over 14 år hvoraf de første syv år var sammen med Atlantisk laks og fandt ingen signifikant forskel mellem antallet på de to arter og studiet omtaler, at forekomsten af mobile lakselus var den samme for begge arter. Studiet viste til gengæld at behandlingsbehovet for regnbueørreder var tre gange mindre end for laks. Ved en undersøgelse, der belyser undslupne regnbueørreders betydning som vektorer for spredning af lakselus, i fjordsystemet omkring Osterøy i det vestlige Norge, blev der fundet en del voksne hun-lakselus på (redskabsfangede) udsatte eller undslupne regnbueørreder (Skilbrei 2012). Ved en undersøgelse af brakvandstolerance hos lakselus anvendte Ljungfeldt et al. (2017) voksne kønsmodne lakselus fra regnbueørreder, som stammede fra et havbrug i Oster Fjorden hvor saliniteten svinger mellem 13 og 30 ‰. Dette indikerer, at lakselus kan gennemføre livscyklus på regnbueørred under svingende salinitetsforhold.

Det kan således med vores nuværende viden ikke konkluderes, hvor stor forskel der er på modtageligheden af regnbueørreder af *Onchorynchus*-slægten i forhold til laks og havørreder af *Salmo*-slægten, da der fortsat mangler undersøgelser under standardiserede salinitets- og temperaturforhold på regnbueørreder. Det vides således heller ikke om regnbueørreder i opdræt kan udgøre et infektionsreservoir for lakselus i danske farvande. Vi ved at indvandrende atlantehavslaks, som vandrer op i Gudenå kan være inficerede med ægbærende hunlus, og på den vis vil inficerede laks udgøre et infektionsreservoir. Det er sandsynligt, at vilde havørreder inficeres i de danske farvande. Denne art vil således også udgøre et reservoir.

Eksisterende viden om udbredelsen af lakselus i den nuværende danske havbrugsproduktion?

Der er i 2012, 2013 og 2016 af KU-SUND blevet gennemført undersøgelser vedr. parasitforekomster i de danske havbrug. Disse opgørelser har vist, at der ikke forekommer lakselus i hovedparten af de danske regnbueørredhavbrug. Der blev registreret få lakselus på enkelte lokaliteter i området mellem Horsens fjord og Samsø. I 2012 og 2013 (en del af disse resultater er

rapporteret af Skov et al. 2014) blev der i tre havbrug fundet i alt 19 individer af lakselus ved udtagning af en stikprøve på 10 fisk pr havbrug af i alt 190 regnbueørreder. Parasitterne, som blev indsamlet ved den undersøgelse, var en blanding af forskellige stadier omfattende copepodit-, chalimus- og preadult-stadier. Der blev ikke fundet adulte hunner med ægstrengene i havbrugene.

Skov et al. (2014) nævner i artiklen, at lakselus-infektionsraten kan være underestimeret, idet fiskene blev opbevaret i op til fem dage på is og endvidere håndteret (suget op fra burene) i forbindelse med slagtingen. Hvis man udregner gennemsnits-infektionen (alle udviklingsstadier) i havbrug i de mest marine områder i Danmark (salinitet 20-24 ‰), hvor lakselus blev registreret, vil infektionsraten nå op på 0.27, idet der i alt undersøgtes 70 fisk fra dette område. Da andelen af hunlus (preadult) var under 30 % vil gennemsnittet for netop dette udviklingsstadium være 0.08. Det skal dog nævnes, at i alle områder blev hunlus med ægstrengene ikke konstateret.

Ved 2012 og 2013 undersøgelserne kunne det ikke udelukkes, at nogle lakselus blev mistet og derved overset pga. transport og *post mortem* tid inden undersøgelsen var gennemført. De vigtige informationer af de første registreringer af lus i opdræt gav således baggrund for yderligere undersøgelser i 2016, som specifikt var iværksat for at belyse forekomsten i yderligere detaljer og effekten af indsamlingsmetoderne anvendt i 2012 og 2013.

Den målrettede undersøgelse foretaget af KU-SUND i 2016 var således med henblik på at opnå en yderligere belysning af forekomst og udbredelse i danske havbrug med særligt fokus på havbrug i de mest saline områder (området fra Horsens fjord og Samsø). Ved denne undersøgelse blev der heller ikke fundet lakselus i de indre danske farvande med lavere salinitet medregnet Storebælt og Lillebælt ved undersøgelser af 10 fisk pr. havbrug. I området mellem Horsens Fjord og omkring Samsø undersøgtes i alt 150 fisk. Af disse undersøgtes de 110 på lokaliteten nord for Samsø (Nordby bugt), umiddelbart efter fangst, med henblik på at udelukke eventuelle tab af parasitter ved transport og opbevaring inden undersøgelsen. Ved undersøgelsen registreredes en enkelt parasit, en preadult hunlus, på disse 110 fisk. Infektion med lakselus i de danske regnbueørred-havbrug i de mest saline områder må derfor på basis af disse undersøgelser betegnes som varierende mellem årene, og under alle omstændigheder lav. Da kun helt lakselusfri regnbueørreder udsættes i netburene efter vinterbraklægnen må det formodes, at de lakselus, som er registreret i anlæggene stammer fra påslag af infektiøse copepoditstadier, som enten er produceret ved lokaliteten eller bringes til lokaliteten med havstrømme fra diverse marine områder, hvor vilde laks og havørreder har genereret et infektionstryk.

Vurdering af om udbredelsen af lakselus i nuværende havbrug har medført smitte til modtagelige vilde fiskearter og eventuelt sygdomsproblemer hos modtagelige vilde fiskearter?

Det er ikke undersøgt om der sker overførsel af lakselus fra regnbueørred i danske havbrug til elementer i den vilde fauna. Pt. er det derfor ikke muligt at vurdere evt. omfanget af dette i danske havbrug, men sandsynligheden må på basis af de ovenfor nævnte undersøgelser, der ikke påviste fund af ægbærende hunlus, vurderes at være lav.

Braklægning som begrænsende faktor for lakselus:

Braklægning, som den praktiseres indenfor dansk havbrug, hvor opdrætsområdet ligger fri for regnbueørreder i perioden fra december til marts, er hensigtsmæssig vurderet fra en sundhedsmæssig vinkel. Det gælder således også lakselusforekomster. En kritisk parameter for forekomst af lakselus i den norske lakseindustri er opholdstiden i havet, og kontinuert produktion i de samme havområder, hvor laks typisk går 14-18 måneder i havet, medens regnbueørreder typisk kun går 8-10 mdr. med braklægning mellem produktionsperioderne (december-marts). Derfor arbejdes der i Norge på at nedbringe opholdstiden for laks i havet især med henblik på at nedbringe effekten af lakselus. Ægbærende lakselus overlever betydeligt længere og producerer længere ægstrengene ved lave temperaturer (Heuch et al. 2000) og kan overvintre på laks til gydning om foråret. Braklægning om vinteren med brud på denne cyklus vil således have en effekt på nedbringelse af smittetryk (Costello 2006, Heuch et al. 2005).

Relevans af etablering af et overvågningsprogram for lakselus. Hvis dette findes relevant for de to arter:

Der er pt. ingen planer om at opdrætte laks i danske havbrug, men hvis sådanne brug etableres bør der etableres et overvågningsprogram på de enkelte anlæg efter samme retningslinjer som for tilsvarende anlæg i Norge.

For regnbueørredopdræt vil en eventuel spredning af lakselus fra havbrug til modtagelige arter i det danske havmiljø kunne belyses ved et løbende overvågningsprogram, der bør omfatte både regnbueørreder i havbrugene, opvandrende vilde havørreder og atlantehavslaks (eksempelvis fanget af lystfiskere eller med andre redskaber i kystnære områder, f.eks. via DTU Aquas nøglefiskere) i områder med og uden opdrætsanlæg. Atlantehavslaks (specielt dem i Gudenåen) kan ved opvandring indfanges ved elektrofiskeri og undersøges under bedøvelse, hvorved undersøgelsen vil være ikke-lethal. Indsamlingen kan også ske i forbindelse med at moderfisk opfiskes til avl om efteråret. Det vil yderligere styrke kundskaben vedr. infektionsdynamik, hvis man løbende vurderer ægkvalitet fra lakselushunner indsamlet fra hhv. atlantehavslaks, havørred og regnbueørred i havbrug. Infektivitet kunne belyses eksperimentelt ved eksponering af f.eks. atlantehavslaks, som er særdeles modtagelig. Denne procedure er nødvendig med henblik på at opnå viden, ikke kun om overlevelse, men også om hele livscyklus kan gennemføres i regnbueørredopdræt i danske farvande.

Som nævnt varierer saliniteten betydeligt i Kattegat og de indre farvande, både rumligt og med årstiden (Figur 1 og Figur 2). Salinitetsmodellen er baseret på punktmålinger og dermed behæftet med en vis usikkerhed. Det kunne derfor være hensigtsmæssigt, i forhold til at belyse evt. risiko for problemer med lakselus på laks eller regnbueørreder, at lave supplerende kontinuerede salinitetsmålinger i områder der er aktuelle i forhold til fremtidige havbrug.

Objektive kriterier for hvilke havbrug, der skal foretage løbende monitorering af forekomst af lakselus eventuelt opdelt efter de ovennævnte 3 områder.

Da forholdene i de danske farvande er væsentligt forskellige fra forhold i de norske opdrætszoner vil "Forskriften om bekjempelse av lakselus i akvakulturanlegg" (<https://lovdata.no>), som pt.

anvendes i de norske lakseopdrætszoner ikke være egnet til umiddelbar anvendelse i Danmark. Der kan derfor anbefales en modificeret overvågningsprotokol, med en prøvetagning på 10 fisk pr måned. To bure pr havbrug bør inddrages om muligt. Det skal tilsvarende tilstræbes at undersøge et tilsvarende antal vilde havørreder og laks, som skitseret ovenfor. Lus der er faldet af og opsamlet i bedøvelseskar skal medtages i tællingerne. Alle stadier af lakselus skal indsamles og konserveres i 70 % ætanol til videre arts- og stadiebestemmelse (morfometri og DNA-undersøgelse) i et egnet laboratorium (KU-SUND).

Objektive kriterier for behandlingskrævende niveauer af lakselus.

I Norge er der fastlagt lovmæssige grænseværdier for hvor høj lakselus infektionsraten må være i havbrugsanlæg: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-05-1140>

Formålet med den norske forskrift er ”at reducere forekomsten af lakselus så skadevirkninger på fisk i akvakulturanlæg og i vildtlevende bestande af laksefisk minimeres, samt reducere og bekæmpe resistensudviklingen hos lakselus”.

Det fremgår bl.a. at grænsen for infektionsraten om efteråret/vinteren i havbrugsanlæg til enhver tid skal være under 0,5 voksne hun-lakselus i gennemsnit pr. fisk (der skelnes ikke i forskriften mellem laks og regnbueørred). Dette gælder både for Nord- og Sydnorge. Om foråret, hvor ungfisk af laks og ørred trækker ud i havet fra vandløbene, er grænseværdien 0,2 voksne hun-lakselus i gennemsnit pr. fisk. Overskrides grænserne er der krav om behandling eller slagtning af fiskene i det pågældende anlæg. Årsagen til behandling har primært været mhp. beskyttelse af vilde lakse- og havørredbestande. Da regnbueørredens status, som bærer af kønsmodne hunlus med ægproduktion i de danske havbrug, er ukendt vil direkte brug af tilsvarende regler først blive anbefalet overført til danske forhold når dette emne er belyst, idet både 0.2 og 0.5 hunlus i sig selv ikke truer velfærden hos opdrættede regnbueørreder med en kropsvægt på flere kg.

Mulige behandlingsstrategier ved lakselusforekomster, som giver anledning til sygdomsproblemer hos laks eller regnbueørred.

Der er endnu ikke registreret lakselusinfektioner af danske havbrugsregnbueørreder, som har krævet behandling, men i tilfælde af at der skulle opstå en sådan situation, vil det ud fra et dyrevelfærdssynspunkt være relevant at iværksætte en behandling. Det kan dog bemærkes at der ved en telefonsamtale mellem Kurt Buchmann og en lokal dyrlæge i slutningen af firserne blev omtalt påslag af skottelus og lakselus i et anlæg på en ikke nærmere defineret position i Limfjordsområdet (Der er ikke længere regnbueørred havbrug i Limfjorden). Da Kurt Buchmann ikke var nærmere involveret og således ikke kender prævalens, intensitet og udviklingsstadier eller til artsidentifikationen bortset fra oplysningerne givet pr. telefon er oplysninger forbundet med stor usikkerhed. Lakselus menes således at kunne forekomme på regnbueørred i Limfjorden. Dyrlægen diskuterede dengang om infektionerne krævede behandling, men der foreligger inden data om dette blev gjort. Her anbefales ikke umiddelbart anvendelse af lægemidler såsom pyrethroider, avermectiner og organofosfater, idet resistensudvikling vides at kunne forekomme efter få års brug af denne type lægemidler. Behandling med miljøvenlige midler, såsom brintoverilte, selvom der

kan forekomme en mindre grad af resistens, vil derfor anbefales som første valg. Det skal dog nævnes, at biologisk bekæmpelse ved brug af renseskild, herunder både læbefisk og stenbider, som æder lus fra værtens krop, har en dokumenteret effekt på lakselusinfektioner.

Tre områder hvor lakselus hhv. vil, kan eller ikke vil blive et problem:

Laks er en god vært for lakselus og afgivelse af lakselusæg fra inficerede laks er veldokumenteret, men viden om de samme forhold for regnbueørred forefindes endnu ikke. Hvis man vil vurdere risikoen ud fra et scenarie om lakseopdræt i danske farvande, kan man anvende tolerance/salinitetsdata fra en række kilder. Da man imidlertid endnu ikke har videnskabeligt belyst om regnbueørreden kan skabe et problem mht. lakselusforekomst, kan man ikke udtale sig præcist om dette spørgsmål. Ud fra et forsigtigheds princip kan man vælge at give ensartede retningslinjer for de to arter med baggrund i, at der ikke findes videnskabelig dokumentation for, hvor stor forskellen er mellem de to arter.

Referencer

1. Bricknell, I. R., S. J. Dalesman, B. O'Shea, C. C. Pert & A. J. M. Luntz. 2006. Effect of environmental salinity on sea lice *Lepeophtheirus salmonis* settlement success. *Diseases of Aquatic Organisms* 71(3): 201-212.
2. Buchmann, K. 1997. Profile: Henrik Nikolaj Krøyer (1799-1870). *Systematic Parasitology* 37: 79-80.
3. Costello, M.J. 2006. Ecology of sea lice parasitic on farmed and wild fish. *Trends Parasitol.* 22(10): 475-483. doi: 10.1016/j.pt.2006.08.006.
4. Dawson, L.H.J., Pike, A.W., Houlihan, D.F. & McVicar, A. H. 1997. Comparison of the susceptibility of sea trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) to sea lice (*Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837)) infections. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1129-1139.
5. Gjerde B. and Saltkjelvik B. (2009) Susceptibility of Atlantic salmon and rainbow trout to the salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) *Aquaculture* 291) 31-34.
6. Groner, M. L., McEwan, G. F., Rees, E. E., Gettinby, G., Revie, C. W. 2016. Quantifying the influence of salinity and temperature on the population dynamics of a marine ectoparasite. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 73: 1281-1291.
7. Hahnenkamp Lutz and Hans Jorgen Fyhn (1985) The osmotic response of salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda : Caligidae), during the transition from sea water to fresh water. *J Comp Physiol B* ~155:357
8. Helgesen K.O., Romstad, H., Romstad S.M. & Horsberg, T.E. 2015. First reports of reduced sensitivity towards hydrogen peroxide found in *Lepeophtheirus salmonis* in Norway. *Aquaculture Reports* 1, 37-42.
9. Helland, I.P, Finstad, B., Uglem, I., Diserud, O.H., Foldvik, A., Hanssen, F., Bjørn, P.A., & Nilsen, R., & Jansen, P.A. 2012. Hva avgjør lakselusinfeksjon hos vill laksefisk? Statistisk bearbejding av data fra nasjonal lakselusovervåking, 2004-2010 - NINA Rapport 891. 51 s.

10. Heuch PA, Schram TA, 1999 crustaceae (krepsdy.: Fiskehelse og fiskesykdommer TT Poppe, Ø Bergh - Universitetsforlaget p 219-228.
11. Heuch PA, Nordhagen JR, Schram, TA 2000. Egg production in the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) in relation to origin and water temperature. *Aquaculture Research* 31: 805-814
12. Jackson, D., Deady, S., Leahy, Y. & Hassett, D. 1997. Variations in parasitic caligid infestations on farmed salmonids and implications for their management. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 1104-1112.
13. Heuch Peter Andreas, Arne Bjørn Bengt Finstad, Jens Christian Holst, Lars Asplind, Frank Nilsen (2005) A review of the Norwegian National Action Plan Against Salmon Lice on Salmonids: The effect on wild salmonids *Aquaculture* 246 79– 92.
14. Johnson S.C and L. J. Albright (1991) Development, Growth, and Survival of *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) Under Laboratory Conditions. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* Volume 71, Issue 2 pp. 425-436.
15. Johnson, S. C., Albright, L. J. 1992. Comparative susceptibility and histopathology of the response of naïve Atlantic, Chinook and coho salmon to experimental infection with *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae). *Diseases of Aquatic Organisms* 14: 179-193.
16. Fast, M.D., Ross, N.W., Mustafa, A., Sims, D.E., Johnson, S.C., Conboy, G.A., Speare, D.J., Johnson, G. & Burka, J.F. 2002. Susceptibility of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, Atlantic salmon *Salmo salar* and coho salmon *Oncorhynchus kisutch* to experimental infection with sea lice *Lepeophtheirus salmonis*. *Diseases of Aquatic Organisms* 52: 57-68.
17. Fast M.D., Simsa D.E., Burkaa J.F., Mustafaa A., Ross N.W. (2002) Skin morphology and humoral non-specific defence parameters of mucus and plasma in rainbow trout, coho and Atlantic salmon. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A* 132 645–657.
18. Igboeli O., Burka J. & Fast M. 2014. *Lepeophtheirus salmonis*: a persisting challenge for salmon aquaculture. *Animal Frontiers* 4(1), 22-32.
19. Johansen, A.C. & Løfting, J.C. 1919. Om Fiskebestanden og Fiskeriet i Gudenaens Nedre Løb og Randers Fjord. Skrifter udgivet af kommissionen for havundersøgelser. Nr. 9, 144 pp.
20. Krøyer, H. N. 1837/38. Om snyltekrebsene – især med hensyn til den danske fauna. *Naturhistorisk Tidsskrift* 1: 1-628.
21. Ljungfeldt, L. E. R., María Quintela¹, Francois Besnier¹, Frank Nilsen², Kevin Alan Glover (2017) A pedigree-based experiment with the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* reveals variation in salinity and thermal tolerance. *Evolutionary Applications* preprint.
22. Morton A., Richard Routledge, Corey Peet, and Aleria Ladwig (2004) Sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) infection rates on juvenile pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chum (*Oncorhynchus keta*) salmon in the nearshore marine environment of British Columbia, Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61: 147–157.

23. O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T. & Jackson, D. 2016 Sea reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* need fewer sea lice treatments than farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. Bull. Eur. Ass. Fish Pathol., 36(5) 2016, 201.
24. Pedersen, S. & Rasmussen, G. 2004. Udsætningsforsøg med ørred (*Salmo trutta*) i Gudenåen og Randers Fjord. Gennemført 1982-83, 1987-89 og 1994-96. DFU-rapport nr 131-04. 55 pp. Danmarks Fiskeriundersøgelser, Silkeborg., Rep. No. DFU-rapport nr. 134-04. Danmarks Fiskeriundersøgelser.
25. Pedersen, S., Christiansen, R., & Glüsing, H. 2006. Comparison of survival, migration and growth in wild, offspring from wild (F1) and domesticated sea-run trout (*Salmo trutta* L.). In Sea Trout Biology, Conservation & Management, Proceedings of the First International Sea Trout Symposium, Cardiff, July 2004 (eds G. Harris & N. Milner), pp. 377-388 (520pp). Blackwell Publishing.
26. Rittenhouse, M.A., Revieb, C.W., Hurforda, A. (2016). A model for sea lice (*Lepeophtheirus salmonis*) dynamics in a seasonally changing environment. Epidemics 16, 8–16.
27. Skov, J., Mehrdana, F., Marana, M.H., Bahlool, Q.Z.M., Jaafar, R.M., Sindberg, D., Jensen, H.M., Kania, P.W., & Buchmann, K. (2014). Parasite infections of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Danish mariculture. Aquaculture 434: 486–492.
28. Svåsand, T., Karlsen, Ø, Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L. & Boxaspen, K.K. (2016). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. Havforskningsinstituttet, NINA, Fiskeridirektoratet, NOFIMA. Fisken og havet, særnummer 2-2016.
29. Taranger G.L., Karlsen Ø., Bannister R.J., Glover, Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B.O., Boxaspen, K.K., Bjørn, P.A., Finstad, B., Madhun, A.S., Morton, H.C. & Svåsand, T. (2015). Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. ICES J Mar Sci 72: 997–1021.
30. Thorstad, E.B., Todd, C.D., Bjørn, P.A., Gargan, P.G., Vollset, K.W., Halttunen, E., Kålås, S., Uglem, I., Berg, M. & Finstad, B. 2014. Effekter av lakselus på sjøørret - en litteraturoppsummering. NINA Rapport 1071, 1-144.
31. Thorstad, E.B., Todd, C.D., Uglem, I., Bjørn, P.A., Gargan, P.G., Vollset, K.W., Halttunen, E., Kålås, S., Berg, M. & Finstad, B. 2015. Effects of salmon lice *Lepeophtheirus salmonis* on wild sea trout *Salmo trutta*—a literature review
32. Wright, D.W., Oppedal, F., and Dempster, T. 2016. Early-stage sea lice recruits on Atlantic salmon are freshwater sensitive. J. Fish Dis.: 2011–2015. doi: 10.1111/jfd.12452.

Bilag 1

Hvad kan problemet være med lakselus

I bl.a. Norge, Skotland og Irland kan lakselus udgøre et stort problem for vilde laks og havørred. Lakselus forekommer naturligt i begrænsede mængder, men når laks opdrættes i havbrug opformeres og øges mængden af lakselus dramatisk i havområdet omkring disse anlæg. Vildfisk, både postsmolt (ungfisk som lige er trukket ud fra vandløbene) og gydefisk, som svømmer tæt forbi havbrug kan inficeres med lus fra anlæggene. Ofte i en sådan grad, at fiskene dør.

Taranger et al. (2015) undersøgte dødelighedsrisikoen for unge vildfisk af havørred ved forskellige infektionsrater med lakselus, og fandt følgende dødeligheder:

<0,1 lus pr. g kropsvægt: 0 %

0,1–0,2 lus pr. g kropsvægt: 20 %

0,2–0,3 lus pr. g kropsvægt: 50 %

>0,3 lus pr. g kropsvægt: 100 %

Det betyder at 10-15 lakselus, afhængig af fiskens størrelse, vil være dødelig for en postsmolt af havørred (en postsmolt er ungfisk af havørred eller laks som er vandret ud i havet fra vandløbene om foråret).

Også voksne fisk kan rammes hårdt. I et større antal medfører de sygdom og ved hundredvis af lus på en fisk kan det medføre død. Norske undersøgelser viser, at det er overvejende sandsynligt, at lakselus som stammer fra havbrug har forårsaget omfattende reduktion af vilde laksbestande samt reduceret det ”høstbare overskud” af laks betragteligt, i områder hvor der sker intensivt havbrugsopdræt (Helland et al. 2012; Svåsand et al. 2016). Det ”høstbare overskud” er det antal laks, som kan fanges i fiskeriet, f.eks. lystfiskeri, uden at dette påvirker laksebestandene negativt

I et review af Thorstad et al. (2015), er det angivet, at der sker omfattende negativ påvirkning af lakselus fra havbrug på havørredbestande, at infektionsraterne med lakselus hos havørred er forhøjet inden for en radius af 30 km til nærmeste havbrug samt at en negativ påvirkning kan ske på endnu større afstande.

Forhold omkring eventuelle regnbueørredhavbrug i Kattegat er ikke direkte sammenlignelige med opdræt af atlantehavslaks i norske fjorde, men lakselus-problematikken vil i den sammenhæng fortrinsvis være relevant i forhold til danske og svenske havørredbestande, laks i Gudenåen og vestsvenske laksebestande.

Referencer

Helland, I.P, Finstad, B., Uglem, I., Diserud, O.H., Foldvik, A., Hanssen, F., Bjørn, P.A., & Nilsen, R., & Jansen, P.A. 2012. Hva avgjør lakselusinfeksjon hos vill laksefisk? Statistisk bearbeiding av data fra nasjonal lakselusovervåking, 2004-2010 - NINA Rapport 891. 51 s.

Svåsand, T., Karlsen, Ø, Kvamme, B.O., Stien, L.H., Taranger, G.L. & Boxaspen, K.K. (2016). Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2016. Havforskningsinstituttet, NINA, Fiskeridirektoratet, NOFIMA. Fisken og havet, særnummer 2-2016.

Taranger G.L., Karlsen Ø., Bannister R.J., Glover, Husa, V., Karlsbakk, E., Kvamme, B.O., Boxaspen, K.K., Bjørn, P.A., Finstad, B., Madhun, A.S., Morton, H.C. & Svåsand, T. 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming. ICES J Mar Sci 72: 997–1021.

Thorstad, E.B., Todd, C.D., Bjørn, P.A., Gargan, P.G., Vollset, K.W., Halttunen, E., Kålås, S., Uglem, I., Berg, M. & Finstad, B. 2014. Effekter av lakselus på sjøørret - en litteraturoppsummering. NINA Rapport 1071, 1-144.