

Laxalús og eldi laxfiska í köldum sjó

Fylgiskjal með frummatsskýrsla fyrir 6.800 tonna framleiðslu á regnbogasilungi og 200 tonna framleiðslu á þorski í sjókvíum í Ísafjarðardjúpi á vegum Hraðfrystihússins - Gunnvarar h.f.

Valdimar Ingi Gunnarsson, Sjávarútvegsþjónustan ehf.

1. Inngangur

Því er oft haldið fram að laxalús (*Lepeophtheirus salmonis*) hafi valdið „gríðarlega miklum skaða“ í laxeldi í nágrennaldum okkar. Samkvæmt gögnum sem hefur verið aflað frá Írlandi og Noregi stenst framangreind fullyrðing ekki. Vissulega getur laxalús valdið skaða á villtum laxfiskastofnum og þá sérstaklega á svæðum þar sem:

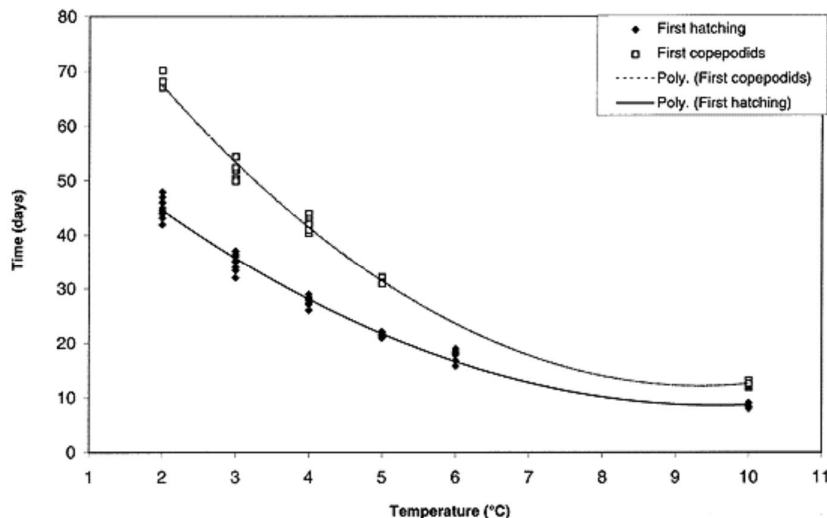
- Er að finna kjörskilyrði fyrir lúsina.
- Umfangmikið eldi.
- Ekki er nægilega vel staðið að mótvægisáðgerðum.

Þegar niðurstöður erlendra rannsókna eru heimfærðar á íslenskar aðstæður er mikilvægt að gera sér grein fyrir líffræði laxalúsar og við hvaða aðstæður hún þrífst best. Það er mikill munur á viðfangsefnum forsvarsmanna sjókvíaeldisstöðva allt eftir því hvort eldið er staðsett á kjörsvæðum laxalúsar eða í köldum sjó þar sem vöxtur hennar er hægari eins og t.d. við norðanvert Ísland.

2. Líffræði laxalúsar

Frjósemi laxalúsar er mikil og við 7,1°C verpir hún eggjastrengjum með að meðaltali tæpum 300 eggjum. Við þetta hitastig getur kvenlús lifað allt upp í 191 dag og verpt 11 eggjastrengjum á sínu æviskeiði (Heuch o.fl. 2000).

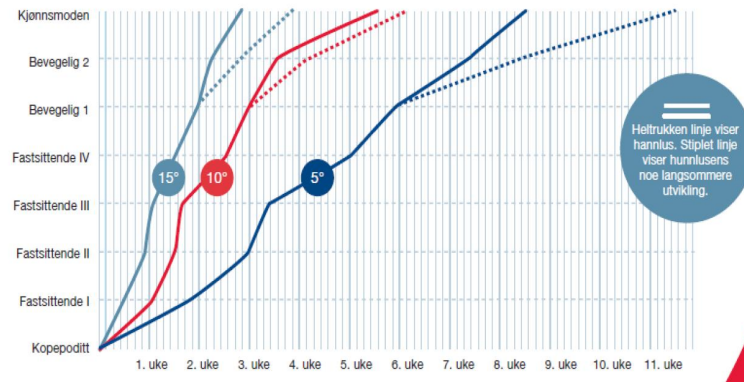
Það tekur egg um 90 daggráður að klekjast, lirfan er sviðlæg og eftir um 50 daggráður er hún nægilega þroskuð til að finna sér hýsil (Stien o.fl. 2005). Yfir köldustu mánuðina (janúar-apríl) á Vestfjörðum er sjávarhiti að jafnaði um 2,0°C og tekur það því um 70 daga fyrir hrogn að þroskast og laxalúsarlirfu að ná þeim þroska að geta sest á hýsil (mynd 1). Í Skotlandi og Írlandi þar sem sjávarhiti er yfir 6°C á veturna (Marine harvest 2014) tekur það um 25 daga eða minna þar til lirfan er nægilega þroskuð til að setjast á hýsil (mynd 1).



Mynd 1. Fjöldi daga þar til egg klekjast (fylltir kassar) og þar til laxalúsarlirfan er orðin nægilega þroskuð til að setjast á hýsil (opinn kassi) (Boxaspen og Næss 2000).

Eftir að laxalúsarlirfan hefur sest á hýsil tekur það kvenlúsina u.þ.b. 400 daggráður að ná kynþroskastærð (Stien o.fl. 2005). Það tekur því laxalúsarlirfuna (kvenlús) 80 daga að ná kynþroska við 5°C, 40 daga við 10°C og um 25 daga við 15°C (mynd 2). Sjávarhiti hefur því mjög mikil áhrif á hve hratt laxalúsinn fjölgar sér og er mikilvægt að það sé haft í huga þegar reynt er að heimfæra vandamál með laxalús af svæðum með kjörhita fyrir lúsina yfir á íslenskar aðstæður.

Ef miðað er við að kynslóðabilið sé um 450 daggráður er það 90 dagar við 5°C og um 45 daga við 10°C (mynd 2).

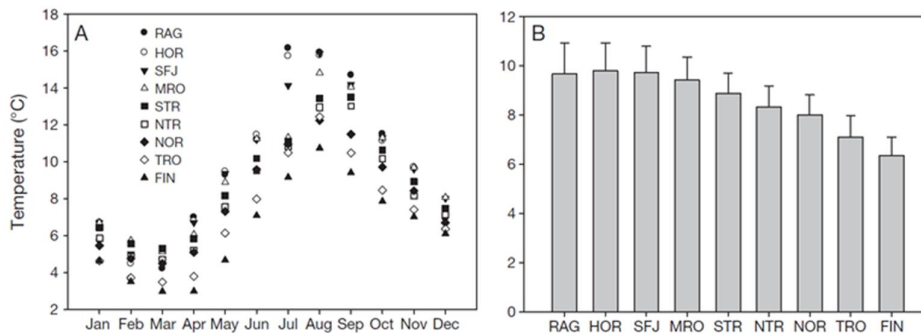


Mynd 2. Proski laxalúsar við mismunandi sjávarhita. Heil lína sýnir þroska karllúsar og brotalína er fyrir kvenlús. Úr bæklingi frá Skretting (Nygaard 2010).

3. Umhverfisaðstæður og framleiðsla laxalúsar

Umhverfisaðstæður

Sjávarhiti hefur mikil áhrif á það hve ört laxalús fjölgar sér. Í Noregi er ársmeðaltal sjávarhita um 10°C í þeim fylkjum þar sem hann er hæstur. Lægst er ársmeðaltal í Finnörku í Norður-Noregi um 6,5°C (mynd 3). Á Vestfjörðum er ársmeðaltal um 5,6°C (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2012). Í Skotlandi er t.d. meðalhiti yfir köldustu mánuðina á veturna 7-8°C og á ársgrundvelli yfir 10°C (Steingrímur Jónsson 2004).



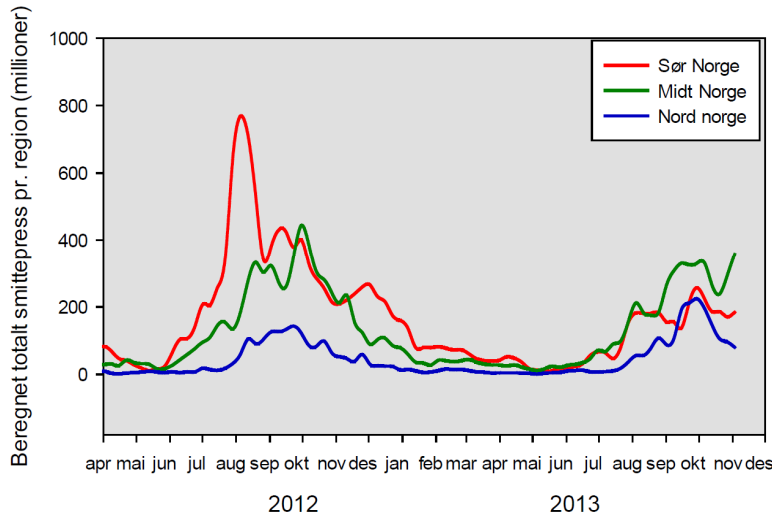
Mynd 3. Sjávarhiti við sjókvældisstöðvar eftir fylkjum í Noregi árið 2008. Meðalsjávarhiti eftir mánuðum (A) og meðaltal yfir árið (B) á 0-15 metra dýpi. RAG, HOR, SFJ, MRO eru fylki í Vestur-Noregi, STR og NTR í Mið-Noregi og NOR, TRO og FIN fylki í Norður-Noregi (Wang o.fl. 2012).

Umhverfisaðstæður og framleiðsla laxalúsarlirfa

Framleiðsla laxalúsarlirfa ákvarðast af fjölda kvenlúsa á eldisfiski, magni eldisfiska á svæðinu og ekki hvað minnst sjávarhita þar sem fjölgunin er mest á kjörsvæðum lúsarinnar. Það getur verið mikill munur í framleiðslu laxalúsarlirfa á milli svæða allt eftir umhverfisaðstæðum. Þar sem er mjög kalt yfir

vetramánuðina eins og á Íslandi er vöxtur og fjölgun lúsarinnar mjög lítil, en tekur fljótt við sér þegar sjávarhiti hækkar snemma sumars. Í löndum þar sem eru hagstæðar umhverfisaðstæður ($> 6^{\circ}\text{C}$) á veturna eins og í Skotlandi, Írlandi og Færeyjum er mun meiri vöxtur og fjölgar lúsinni einnig mun hraðar á vorin og sumrin. Í Noregi er mikill munur á sjávarhita á milli fylkja (mynd 3) og nær laxalúsinn sér fyrr á strik að sumrinu við sunnan og vestanverðan Noreg og þar er jafnframt meiri framleiðsla á lúsalirfum en nyrst í landinu (mynd 4).

Lítið smítalag í Suður-Noregi árið 2013 var rakið til óvenju lágs sjávarhita um veturinn og vorið (mynd 4). Í árum með kalda vetur eða heit sumur fækka fjölda laxalúsalirfa í sjónum. Talið er að kjörhitastig laxalúsarinnar sé frá 6°C til 14°C og við hagstætt hitastig yfir lengri tíma um veturinn og sumarið er mikil framleiðsla á laxalúsalirfum (Boxaspen 2010).



Mynd 4. Áætlað heildar smítalag laxalúsalirfa á öllum eldissvæðum í Norður-Noregi, Mið-Noregi og Suður-Noregi eftir árstímum (Taranger o.fl. 2014).

4. Smítalag og tímasetning sjögöngu laxfiska

Laxfiskar í sjó

Það er mismunandi eftir tegundum laxfiska og umhverfisaðstæðum hvenær þeir ganga til sjávar og hve lengi þeir dvelja í sjó. Oft byrja fyrst að ganga út úr ám til sjávar elstu og stærstu sjóbleikjurnar, síðan stærstu sjóbirtingarnir og þar á eftir sjögönguseiði laxa, bleikju og urriða (Tuff Carlsen o.fl. 2004). Elstu einstaklingar sjóbleikju sækja síðan fyrst upp í árnar, síðan sjóbirtingurinn og að lokum minnsti fiskurinn eftir sína fyrstu sjávardvöl. Ókynþroska sjóbirtingur og sjóbleikja dvelja lengur í sjónum en kynþroska fiskur og eru því undir meira smítalagi. Í sumum tilvikum getur sjóbirtingur einnig dvalið í sjó um haustið og veturinn í Noregi (Bjørn o.fl. 2007).

Laxagönguseiði

Það er mikill munur á milli svæða í Noregi hvenær laxalúsinn nær sér á strik um sumarið, þ.e. snemma í Suður og Mið-Noregi en mun seinna í Norður-Noregi (mynd 4). Í norðurhluta Noregs er mest smítalag í ágúst ó október en júní-ágúst í sunnanverðu landinu (Bjørn o.fl. 2007).

Syðst í Noregi byrja laxagönguseiði að ganga til sjávar um miðjan apríl og seinna eftir því sem árnar eru norðar og síðustu seiðin ganga til sjávar í Norður-Noregi um mánaðarmótin júlí/ágúst (NINA 2012). Á árunum 2009-2011 fjölgaði laxalúsalirfum seinna í sjónum á vorin í Noregi og smítalag á laxagönguseiðum réðist í meira mæli af tímasetningu útgöngu úr ám og vegalengdar út fjörðinn (Anon. 2012).

Í Norður-Noregi er megnið af laxaseiðunum komið út á haf áður en laxalúsaliðunum fer að fjölga umtalsvert í sjónum í ágúst (mynd 4; Mattilsynet 2013). Það getur þó verið mismunandi smítalag á milli ára og var það með mesta móti árið 2013 í Norður-Noregi. Í Altafirði í Finnörku var talið að aukið smítalag árið 2013 mætti rekja til hærri sjávarhita og minna ferskvatnsflæði um vorið og sumarið í firðinum, ásamt auknu eldi á svæðinu (Björn o.fl. 2013). Umhverfisaðstæður fyrir laxalús m.t.t. sjávarhita eru óhagstæðar á Vestfjörðum en líkastar því sem er í Finnörku í Norður-Noregi. Það má því gera ráð fyrir að smítalag á útgöngutíma laxagönguseiða sé minna eða svipað á Vestfjörðum og í Finnörku að því gefnu að sambærilegar forvarnir séu notaðar.

Sjóbirtingur

Laxaseiði dvelja í skamman tíma upp við ströndina og leita fljótt til hafs. Silungur getur aftur á móti dvalið í mánuði í sjó inn í fjörðum áður en hann leitar aftur upp í ár og vötn. Í Suður-Noregi dvelur sjóbirtingur í sjó frá apríl fram í október en í mestum mæli mánuðina maí til júlí. Í Norður-Noregi byrjar sjóbirtingur að ganga til sjávar í apríl og síðustu fiskarnir skila sér í árnar í september og í mestum mæli er fiskurinn í sjó mánuðina júní og júlí (Taranger o.fl. 2014). Í rannsóknum í þremur ám í Norður-Noregi hefur komið fram að sjóbirtingur heldur sig í 40-70 daga í sjó. Aftur á móti í einni á í Vestur-Noregi dvaldi sjóbirtingur í 180 daga í sjó (NINA 2012). Sjóbirtingur dvelur því í styttri tíma í sjó á nyrstu svæðum en á syðri svæðum (Klementssen o.fl. 2003).

Þar sem silungur dvelur lengur í sjó við ströndina í nágrenni við sjókvíaeldisstöðvar verður álag vegna laxalúsar meira en í tilfelli laxaseiða. Áætluð afföll er því meiri hjá sjóbirtingi en laxaseiðum. Minnstu áætluð afföll eru í sunnanverðum Noregi og nyrstu fylkjum Finnörku (Taranger o.fl. 2014). Sjóbirtingur er að stórum hluta kominn upp í árnar í Norður-Noregi þegar laxalúsaliðunum fer að fjölga mikið í ágúst.

Sjöbleikja

Sjöbleikja heldur sig í sjó að jafnaði 30-47 daga eða í heldur styttri tíma en sjóbirtingur (NINA 2012; Klemetsen o.fl. 2003). Sjöbleikjan gengur jafnframt fyrir til sjávar og einnig fyrir upp í árnar um sumarið en sjóbirtingur (Björn o.fl. 2007). Sjöbleikjan er því undir minna smítalagi en sjóbirtingur bæði vegna þess að hún er í sjó á þeim tíma sem að jafnaði er minna af lúsaliðunum og einnig dvelur bleikjan styttri tíma í sjó.

Við að halda bleikju í rúman mánuð við mikla seltu (33 ppm) og hátt smítalag við tilraunaaðstæður var hægt að sýna fram á um 40% afföll (Tveiten o.fl. 2010). Sjöbleikja heldur sig yfirleitt fast upp við ströndina (Klemetsen et al. 2003). Íslenskar rannsóknir með mælimerkjum á sjöbleikju sem mældu seltuinnihald sjávar sýna að bleikja heldur sig að mestu á ósasvæðinu, þar sem seltan sveiflast í takt við sjávarfallastrauma (Jóhannes Sturlaugsson 2001). Rannsóknin við tilraunaaðstæður gefur því vart rétta mynd af raunverulegum aðstæðum bleikjunnar við náttúrulegar aðstæður m.t.t. seltuinnihalds sjávars.

5. Hugsanleg skaðsemi laxalúsar

5.1 Lax

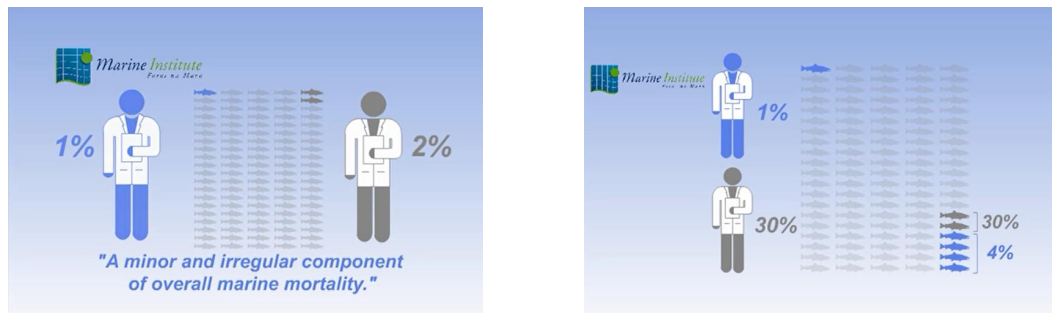
Afföll á kjörsvæðum lúsarinnar

Margar rannsóknir hafa verið gerðar til að meta afföll á villtum laxaseiðum á göngu úr ánum til hafs. Það er yfirleitt gert með því að gefa rannsóknahópnum lúsalyf fyrir sleppingu og til viðmiðunar er hafður annar hópur án meðhöndlunar. Afföll eru síðan fengin með því að finna út mismun í lífun þessara tveggja hópa.

Það er mismunandi eftir svæðum hve afföll eru mikil á villtum laxaseiðum vegna laxalúsar og er talið að þau séu meiri þar sem umfang laxeldis er mest. Jafnframt eru afföll mismunandi eftir svæðum og minnst í Norður ó Noregi (Taranger o.fl. 2014) þar sem aðstæður eru líkastar því sem er við norðanvert Ísland.

Í nýlegri samantekt kemur fram að lífslíkur seiða sem eru meðhöndluð með lúsalyfjum á Írlandi og í Noregi séu 1,1 ó 1,2 meiri en fyrir ómeðhöndluð seiði (Torrissen o.fl. 2013). Aðrar norskar og írskar rannsóknir sýna svipaðar niðurstöður (Skilbrei 2013; Barlaup 2013; Jackson o.fl. 2013a).

Það eru skiptar skoðanir á meðal írskra vísindamanna um raunveruleg afföll á villtum laxaseiðum og deilt er um aðferðafræði við rannsóknir (Krko-ek o.fl. 2014; Jackson o.fl. 2014). Í einni rannsókn þar sem stuðst var aðallega við gögn frá Írlandi var niðurstaðan að lífslíkur seiða sem voru lyfjameðhöndluð væru 1,29 sinnum meiri en ómeðhöndlaðra (Krko-ek o.fl. 2013). Mismunandi niðurstöður tveggja hópa vísindamanna hafa valdið töluverðri óvissu, sérstaklega vegna mismunandi framsetningar. Til að skýra málið hefur Hafrannsóknastofnunin á Írlandi gefið út myndband (mynd 5). Þar kemur fram að uppgefin 30% afföll geta gefið villandi mynd, nær væri að gefa upp að endurheimtur lækkuðu úr 6% fyrir lyfjameðhöndluð seiði niður í 5% eða 4% allt eftir því við hvaða niðurstöður rannsókna væri miðað. Ef áhrif laxalúsar væru mikil myndi það koma fram í meiri niðursveiflu á svæðum þar sem laxeldi er í nágrenni við laxveiðiár á Írlandi sem er ekki reyndin skv. niðurstöðum rannsókna (Jackson o.fl. 2013b).



Mynd 5. Úr skýringarmyndbandi Hafrannsóknastofnunar á Írland (<http://vimeo.com/83845976>).

Afföll á köldum svæðum

Allar rannsóknir þar sem lagt er mat á afföll villtra laxagönguseiða eru frá svæðum þar sem umhverfisaðstæður eru hagstæðari fyrir lúsina en við norðanvert Ísland. Í rannsóknum þar sem afföll eru áætluð út frá fjölda laxalúsa á laxagönguseiðum á leið sinn úr ánum til hafs kemur fram að þau eru almennt minni með lækkanði sjávarhita frá Vestur-Noregi til Norður-Noregs. Í Porsangerfirði, sem er nyrst í Finnörku, er talið að engin afföll séu á laxagönguseiðum vegna laxalúsar. Sunnar í Finnörku eða í Altafirðinum þar sem sjávarhiti er hærri og eldið umfangsmeira eru afföll mjög lág flest árin, en eitt ár skilgreint sem meðal ár (Taranger o.fl. 2014).

Lúsín er stórt viðfangsefni á svæðum þar sem ríkjandi er kjörhiti fyrir lúsina. Aftur á móti á kaldari svæðum hefur verið mun auðveldara að halda lúsinni í skefjum. Í Norður-Noregi er laxalús ekki ónæg fyrir neinum lyfjum en það er algengt á heitari svæðum sunnar í Noregi (Grøntvedt o.fl. 2014). Hreinsifiskar eru einnig lítið notaðir í tveimur nyrstu fylkjum Norður-Noregs og ekkert á árinu 2013 á sama tíma og notkun þeirra jókst á landsvísu (Fiskeridirektoratet 2014).

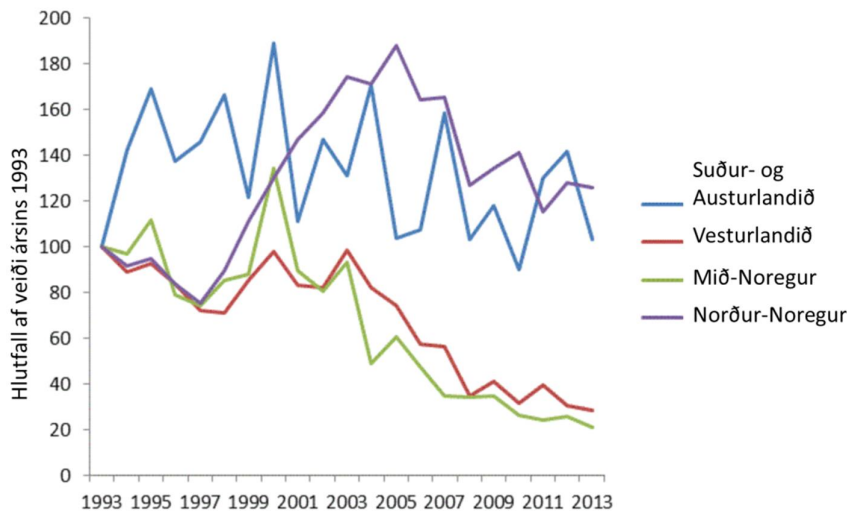
Sjávarhiti á Vestfjörðum er lægri en í Finnörku og með mótvægisáðgerðum eru hverfandi líkur á því að laxalús hafi neikvæð áhrif á villt laxagönguseiði sem leita til hafs.

5.2 Sjóbirtingur

Mikill samdráttur í veiði á sjóbirtingi hefur átt sér stað í mið- og vesturhluta Noregs á síðust 10 árum (mynd 6). Talið er að rekja megi samdráttinn til sjávarþengdra þátta og í því sambandi er nefnt; laxalús, loftslagsbreytingar og einnig hugsanlega sjúkdómar (Direktoratet for naturforvaltning 2009). Í Noregi hafa aðgerðir við að halda laxalús í skefjum aðallega miðast við að halda fjölda þeirra í lágmarki á þeim tíma sem laxaseiðin leita til sjávar. Eftir það eykst fjöldi laxalúsa í eldisstöðvunum og er því talið að sjóbirtingurinn verði fyrir meira smítalagi en laxaseiðin. Óttast er að stofnar

sjóbirtings í vestur- og miðhluta Noregs geti tapast ef ekki næst að hemja laxalúsina frekar. Það sama er talið geta gerst í norðurhluta Noregs samfara loftlagsbreytingum og hækkandi sjávarhita (Miljødirektoratet 2014).

Í árlegum rannsóknum er lagt mat á hugsanleg afföll á villtum sjóbirtingi með að veiða og telja fjölda lúsa á fiskinum. Minnstu áætluð afföll eru í sunnanverðum Noregi og nyrstu héruðum Finnörku (Taranger o.fl. 2014). Þessar niðurstöður eru einnig í takt við þróun á veiði á sjóbirtingi við Noreg (mynd 6). Á Vestfjörðum er lægra sjávarhitastig en í norðurhluta Noregs og bendir því allt til að fyrirhugað eldi laxfiska á svæðinu muni ekki hafa mikil áhrif á náttúrulega stofna sjóbirtings. Það kann þó að breytast ef sjávarhitastig hækkar á svæðinu.



Mynd 6. Þróun í veiði á sjóbirtingi eftir svæðum í Noregi á árunum 1993-2013 (Miljødirektoratet 2014).

6. Heimildir

- Anon. 2012. Lakselus og effekter på vill laksefisk ó fra individuell respons til bestandseffekter. Temarapport fra Videnskalelig råd for lakseforvaltning. Nr 3. 56 s.
- Barlaup, B.T. (red.) 2013. Redningaksjon for Vossolaksen. DN ó utredning 1- 2013. 222 sider.
- Bjørn, P. A., Finstad, B., Kristoffersen, R., McKinley, R. S. & Rikardsen, A. H. 2007. Differences in risks and consequences of salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer), infestation on sympatric populations of Atlantic salmon, brown trout, and Arctic charr within northern fjords. ó *ICES Journal of Marine Science* 64: 3866393.
- Bjørn, P.A., Nilsen, R. Serra Llinares, R.A. Asplin, L., Johnsen, I.A., Karlsen, Ø., Finstad, B., Berg, M., Uglem, I., Barlaup, B. & Vollset, K.W. 2013. Lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2013. Sluttrapport til Mattilsynet. *Rapport fra Havforskningen* Nr. 32-2013.
- Boxaspen, K. 2010. Lakselus ó biologi og spredning. *Norsk fiskeoppdrett* 34(6a): 10-12.
- Boxaspen, K. & Næss, T. 2000. Development of eggs and the planktonic stages of salmon lice (*Lepeophtheirus salmonis*) at low temperatures. *Contributions to Zoology* 69: 51-55.
- Direktoratet for naturforvaltning, 2009. Bestandsutvikling hos sjøørret og forslag til forvaltningstiltak. Notat 2009-1. 32 sider.
- Fiskeridirektoratet 2014. Statistikk for akvakultur 2013 ó foreløpige tall. Fiskeridirektoratet.
- Grøntvedt R.N., Jansen P.A., Horsberg T.A., Helgesen K. & Tarpai A. 2014. The surveillance programme for resistance to chemotherapeutants in *L. salmonis* in Norway 2013. Surveillance programmes for terrestrial and aquatic animals in Norway. Annual report 2013. Oslo: Norwegian Veterinary Institute 2014.

- Heuch, P., Nordhagen, J. & Schram, T. 2000. Egg production in the salmon louse [*Lepeophtheirus salmonis* (Kroyer)] in relation to origin and water temperature. *Aquacult. Res.* 31(11):805-814.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., McEvoy, S., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S. & Drumm, A. 2013a. Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases* 36: 273-281.
- Jackson, D., McDermott, T., Kane, F., O'Donohoe, P. & Kelly, S. 2013b. Evaluation of the impacts of aquaculture and freshwater habitat on the status of Atlantic salmon stocks in Ireland. *Agricultural Sciences* 4(6A): 62-67.
- Jackson, D., Cotter, D., Newell, J., O'Donohoe, P., Kane, F., McDermott, T., Kelly, S. & Drumm, A. 2014. Response to M Krkosek, C W Revie, B Finstad and C D Todd comment on Jackson et al. Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases* 37:4196421.
- Jóhannes Sturlaugsson 2001. Atferlisvistfræði göngubleikju og umbætur í veiðinýtingu slíkra stofna. Framvinduskýrsla til Framleiðnisjóðs landbúnaðarins. Veiðimálastofnun.
- Marine harvest 2014. Salmon Farming Industry Handbook 2014. Sótt 29. Júlí á slóðinni: <http://www.marineharvest.com/globalassets/investors/handbook/handbook-2014.pdf>
- Mattilsynet 2013. Lakselusrapport: Sommer og høst 2013. Mattilsynets oppsummering av utviklingen av lakselus sommer og høst 2013. 10 s.
- Miljødirektoratet 2014. Sterk nedgang i sjøørretfangstene. Sótt 25 maí 2014 á slóðinni: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2014/April-2014/Sterk-nedgang-i-sjoorretfangstene/>
- NINA. 2012. Forskningsbasert kunnskap om rømming og lakselus. NINA Minirapport 384: 1-101.
- Nygaard, S.M.R. 2010. Lusas biologi - Kursets innhold er en oppsummering fra en rekke forskningsrapporter, legemiddelprodusenter, oppdrettere osv. FoMAS, Fiskehelse og Miljø.
- Klemetsen A., Amundsen P-A., Dempson J.B., Jonsson B., Jonsson N., O'Connell, M.F. & Mortensen, E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 1659.
- Krko-ek M., Revie C., Gargan P., Skilbrei O. T., Finstad B., & Todd C.D. 2013a. Impact of parasites on salmon recruitment in the Northeast Atlantic Ocean. *Proceedings of the Royal Society B.* 280, no 1780.
- Krko-ek, M., Revie, C.W., Finstad, B., & Todd, CD. 2014. Comment on Jackson et al. Impact of *Lepeophtheirus salmonis* infestations on migrating Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts at eight locations in Ireland with an analysis of lice-induced marine mortality. *Journal of Fish Diseases* 37: 4156417.
- Taranger, G.L., Svåsand, T., Kvamme, B.O., Kristiansen, T. og Boxaspen, K.K. (red.) 2014. Risikovurdering ó miljøvirkninger av norsk fiskeoppdrett 2014. *Fisken og havet, særnummer 2-2014*. bls. 123.
- Torrissen, O. o.fl. 2013. Salmon lice ó impact on wild salmonids and salmon aquaculture. *Journal of Fish Diseases* 36(3): 1716194.
- Skilbrei, O.T. 2013. Impact of early salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis*, infestation and differences in survival and marine growth of sea-ranched Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts 199762009. *Journal of Fish Diseases* 36: 2496260.
- Steingrímur Jónsson 2004. Sjávarhiti, straumar og súrefni í sjónum við strendur Íslands. Í: Björn Björnsson & Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.), Þorskeldi á Íslandi. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 111: 9-20.
- Stien, A., Björn, 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.
- Tveiten, H. Björn, P.A., Johnsen, H.K. Finstad, B. & McKinley, R.S. 2010. Effect of the louse *Lepeophtheirus salmonis* on temporal changes in corticosteroid, sex steroids, growth and reproductive investment in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Fish Biology* 76: 2318-2341.
- Tuff Carlsen, K., Berg, O. K., Finstad, B., and Heggberget, T. G. 2004. Diel periodicity and environmental influence on the smolt migration of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*, in northern Norway. *Environmental Biology of Fishes* 70: 4036413.

- Valdimar Ingi Gunnarsson, Björn Björnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jón Örn Pálsson, Elís Hlynur Grétarsson, Hallgrímur Kjartansson, Kristján G. Jóakimsson, Ólafur H. Haraldsson, Óttar Már Ingvason, Sindri Sigurðsson, Sverrir Haraldsson, Sævar Ásgeirsson & Þórarinn Ólafsson 2012. Sjávarhiti á eldissvæðum þorskeldisfyrirtækja. Þorskeldiskvótaverkefnið 2011. Hafrannsóknastofnunin. *Hafrannsóknir* 161: 19-63.
- Wang, X., Olsen, L.M., Reitan, K.I. & Olsen, Y. 2012. REVIEW. Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 2: 267-283.