



# HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

## *MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND*

Samantekt vöktunar vegna áhrifa sjókvíaeldis á  
Íslenska laxastofna 2021

Fjóla Rut Svavarsdóttir, Leó Alexander Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Már Einarsson, Guðni Guðbergsson, Ragnar Jóhannsson og Hlynur Bárðarson



# Samantekt vöktunar vegna áhrifa sjókvíaeldis á íslenska laxastofna 2021

Fjóla Rut Svavarsdóttir, Leó Alexander Guðmundsson,  
Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Már Einarsson, Guðni Guðbergsson,  
Ragnar Jóhannsson og Hlynur Bárðarson

## Upplýsingablað

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------|
| <b>Titill:</b> Samantekt vöktunar vegna áhrifa sjókvíaeldis á íslenska laxastofna 2021                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                |                                          |
| <b>Höfundur:</b> Fjóla Rut Svavarsdóttir, Leó Alexander Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Már Einarsson, Guðni Guðbergsson, Ragnar Jóhannsson og Hlynur Bárðarson                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                |                                          |
| <b>Skýrsla nr:</b><br>HV 2022-18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Verkefnisstjóri:</b><br>FRS | <b>Verknúmer:</b><br>15029               |
| <b>ISSN</b><br>2298-9137                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Fjöldi síðna:</b><br>30     | <b>Útgáfudagur:</b><br>13. júní 2022     |
| <b>Unnið fyrir:</b><br>Hafrannsóknastofnun                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Dreifing:</b><br>Opin       | <b>Yfirfarið af:</b><br>Hlynur Bárðarson |
| <b>Ágrip</b> <p>Sjókvíaelði á laxi er vaxandi atvinnugrein á Íslandi. Eldinu fylgja áhættuþættir sem taldir eru geta ógnað stöðu villtra laxastofna hér á landi, t.d. hvað varðar erfðablöndun. Árið 2017 kom út áhættumat Hafrannsóknastofnunar vegna mögulegrar erfðablöndunar eldislaxa og náttúrulegra laxastofna á Íslandi. Í kjölfar þess hefur verið settur aukinn kraftur í vöktun vegna áhrifa sjókvíaeldis á íslenska laxastofna. Vöktuninni má skipta niður í nokkra þætti, vöktun með fiskteljurum, greiningu meintra strokulaxa úr eldi sem veiðast í ám, upprunagreiningu laxa með hreisturrannsóknum og rannsóknir á erfðablöndun. Í skýrslunni er gerð frekari grein fyrir þessum þáttum ásamt helstu niðurstöðum rannsókna ársins 2021.</p>                                                                                                                                                   |                                |                                          |
| <b>Abstract</b> <p><i>Production of farmed Atlantic salmon in Iceland has increased in recent years. Production of salmon from Norwegian origin in open sea cages poses risk which threatens the status of the wild salmon in Iceland, e.g., in relation to risk of negative effect of intrusion. In 2017, the Marine and Freshwater Research Institute produced a risk assessment on intrusion of farmed Atlantic salmon into Icelandic salmon rivers. A monitoring program of potential effect of farmed salmon has been established following the results of the risk assessment. The monitoring program can be divided into several aspects, monitoring with fish counters equipped with camera, identification of potential escapees reported in river fisheries, tracing of origin of salmon using both scale and genetic analysis. The results of the monitoring program are reported annually.</i></p> |                                |                                          |

**Lykilorð:** fiskeldi, lax, erfðablöndun, fiskteljari, hreistur, greining á uppruna, áhættumat

**Undirskrift verkefnisstjóra:**

Þóla Rut Svavarsdóttir

**Undirskrift forstöðumanns sviðs:**

Guðni Guðbergsson



## Efnisyfirlit

|     |                                       |    |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1   | Inngangur .....                       | 1  |
| 2   | Fiskteljarar.....                     | 7  |
| 2.1 | Inngangur.....                        | 7  |
| 2.2 | Aðferðir.....                         | 8  |
| 2.3 | Teljarar.....                         | 9  |
| 2.4 | Niðurstöður.....                      | 11 |
| 2.5 | Umræður .....                         | 12 |
| 3   | Meintir strokulaxar.....              | 13 |
| 3.1 | Inngangur.....                        | 13 |
| 3.2 | Aðferðir.....                         | 14 |
| 3.3 | Niðurstöður.....                      | 15 |
| 4   | Hreisturrannsóknir .....              | 16 |
| 4.1 | Inngangur.....                        | 16 |
| 4.2 | Söfnun og greining hreistursýna ..... | 18 |
| 4.3 | Hreistur sem erfðasýni.....           | 21 |
| 4.4 | Niðurstöður og umræður.....           | 22 |
| 5   | Erfðasýni .....                       | 23 |
| 5.1 | Inngangur.....                        | 23 |
| 5.2 | Aðferðir.....                         | 24 |
| 5.3 | Niðurstöður.....                      | 24 |
| 5.4 | Umræður .....                         | 26 |
| 6   | Lokaorð .....                         | 26 |
| 7   | Heimildir.....                        | 28 |

## Töfluskrá

|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tafla 1. Árvaka fiskteljarar hér á landi með langa gagnaröð og sem voru í rekstri sumarið 2021.                                   | 10 |
| Tafla 2. Nýjustu skýrslurnar þar sem tekin eru saman gögn úr myndavélateljurum sem eru hluti af vöktun Hafrannsóknastofnunar..... | 12 |
| Tafla 3. Yfirlit yfir fjölda aldursgreindra hreistursýna sem safnað var úr ám á Íslandi sumarið 2021. ....                        | 23 |

## Myndaskrá

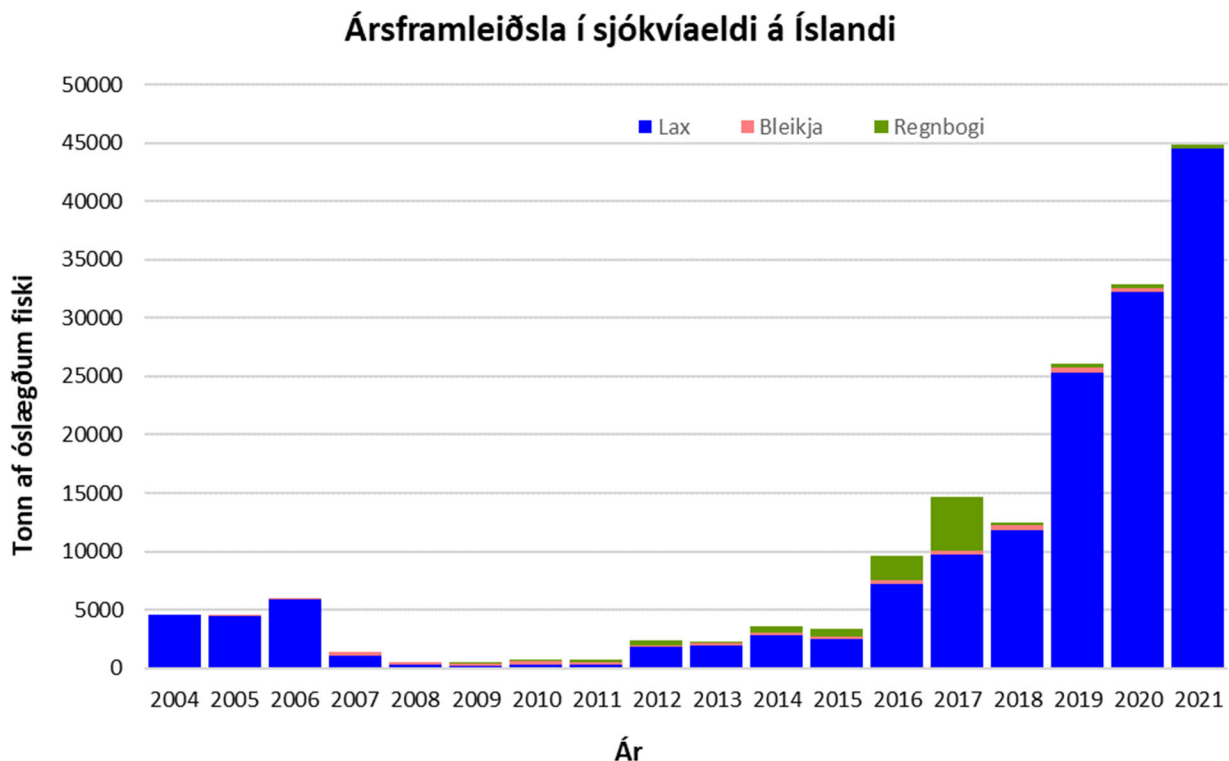
|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. mynd. Ársframléiðsla lax, bleikju og regnbogasilungs í sjókvíældi á tímabilinu 2004-2021. ....                                                                                           | 1  |
| 2. mynd. Heildarganga laxa upp í ár á Íslandi metin út frá aflatölum ásamt mati á hrygningarstofni laxa tímabilið 1971-2020. ....                                                           | 3  |
| 3. mynd. Greining norsku ráðgjafanefndarinnar fyrir Atlantshafslax á 17 áhættuþáttum sem taldir eru geta haft áhrif á villta laxastofna þar á landi og mögulega þróun neikvæðra áhrifa..... | 4  |
| 4. mynd. Fiskvegur í Laugardalsá í Ísafjarðardjúpi (vinstri) og teljaraprep í Langadalsá í Ísafjarðardjúpi (hægri).....                                                                     | 7  |
| 5. mynd. Teljari í Laugardalsá í Ísafjarðardjúpi er útbúinn með skynjurum, myndavél og ljósum.                                                                                              | 8  |
| 6. mynd. Lax á göngu upp teljara í Laugardalsá 29. júní 2020.....                                                                                                                           | 9  |
| 7. mynd. Staðsetning þeirra Árvaka fiskteljarar hér á landi sem eru með langa gagnaröð og voru í rekstri sumarið 2021. ....                                                                 | 11 |
| 8. mynd. Leiðbeiningar um hvernig þekkja megí mögulega strokulaxa úr eldi og hvernig skuli bregðast við.....                                                                                | 14 |
| 9. mynd. Strokulax úr eldi sem veiddist á stöng í Hafralónsá á Norðausturlandi í ágúst 2021. Eldislaxinn var 3,8 kg. hrygna sem stefndi á kynþroska um haustið. ....                        | 16 |
| 10. mynd. Fjöldi hreistursýna í gagnasafni Hafrannsóknastofnunar sem myndaður hefur verið í smásjá á tímabilinu 1986-2021.....                                                              | 17 |
| 11. mynd. Yfirlit yfir lengd gagnaraða í árum talið í íslenskum ám á hreistursýnum á laxi sem hafa verið mynduð og þau myndgreind. ....                                                     | 18 |
| 12. mynd. Sýnishorn af hreistursumslagi (til vinstri) og sýnatökustað sem mælt er með við töku hreistursýna (til hægri). ....                                                               | 19 |
| 13. mynd. Dæmi um mat á lífssögu laxa með lestri á hreistri. ....                                                                                                                           | 20 |

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 14. mynd. Samanburður á náttúrulegum laxi úr Krossá til vinstri (4.1+) og eldislaxi úr slyssasleppingu í Patreksfirði til hægri (1.1+). .....                                                  | 21 |
| 15. mynd. Staðsetningar erfðasýnatöku á laxaseiðum 2021. Litir hringja tákna fjölda erfðasýna fyrir hverja á. Í viðauka má sjá nákvæman fjölda sýna fyrir hverja á og fjölda sýnatökustöðva... | 25 |

## 1 Inngangur

Á Íslandi hafa ýmsar tegundir fiska og skeldýra verið reyndar í eldi í gegnum tíðina en af þeim hefur Atlantshafslax (*Salmo salar*), bleikja (*Salvelinus alpinus*) og regnbogasilungur (*Oncorhynchus mykiss*) verið mest áberandi (Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2021). Fiskeldi hefur verið stundað hérlandis síðan á 19. öld, fyrst aðallega í formi fiskiræktar, klaki hroгна og eldisseiða, sleppinga seiða í ár og hafbeit en síðar sem land- og sjókvíaeldi.

Í dag eru 54 eldisstöðvar í fullum rekstri, flestar þeirra með starfsemi á landi þótt mesta framleiðslumagnið sé í sjókvíum. Af þeim stöðvum sem ala fisk í sjókvíum eru fjórar með lax í sjö fjörðum og þrjár með regnbogasilung í þremur fjörðum. Framleiðsla á laxi til slátrunar hefur aukist mikið síðasta áratug og þá sérstaklega úr sjókvíum en árið 2021 var hún komin upp í 44.503 tonn (Matvælastofnun 2022a) (1. mynd). Á þessu sama tímabili hefur heildarframleiðsla á laxi til slátrunar úr landeldi vaxið mun minna og er nú aðeins um 4% af heildinni. Laxi úr sjókvíum er einungis slátrað í tveimur landshlutum, Vestfjörðum og Austfjörðum (Matvælastofnun 2022a).

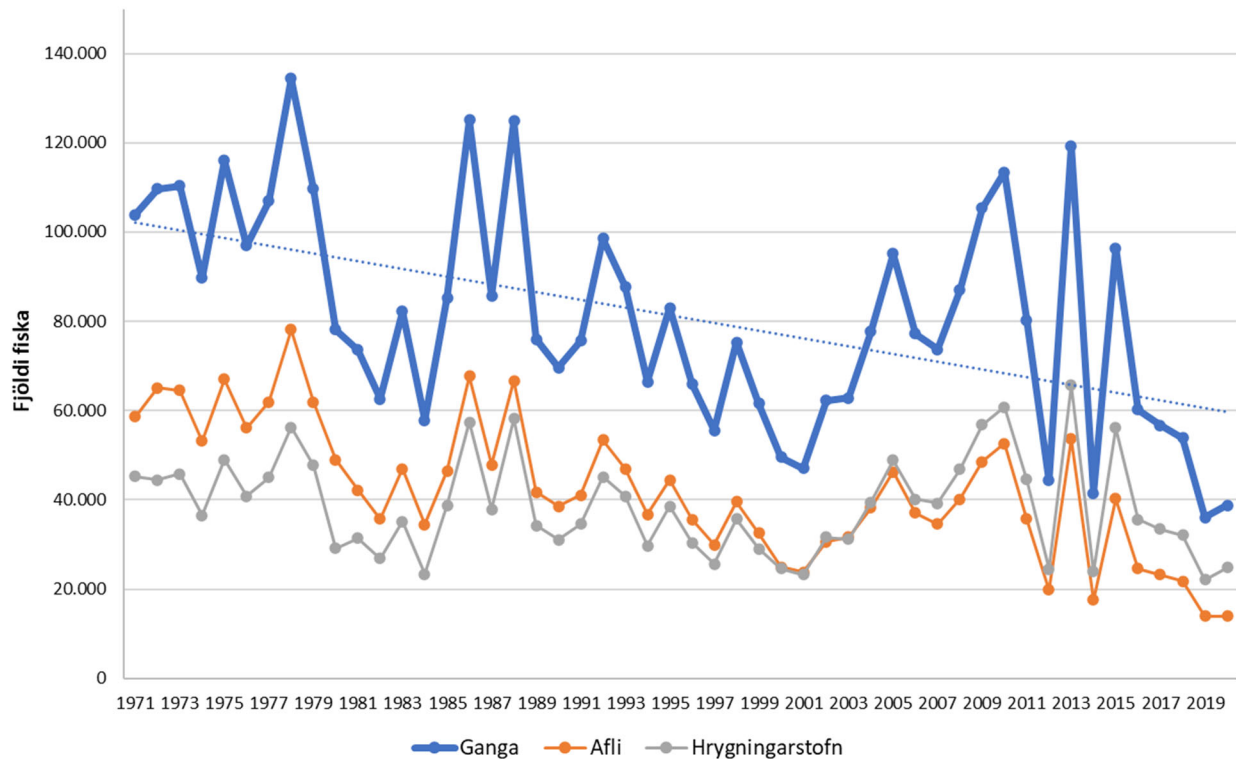


1. mynd. Ársframleiðsla lax, bleikju og regnbogasilungs í sjókvíaeldi á tímabilinu 2004-2021. Unnið upp úr gögnum á heimasíðu Matvælastofnunar (Matvælastofnun 2022a).

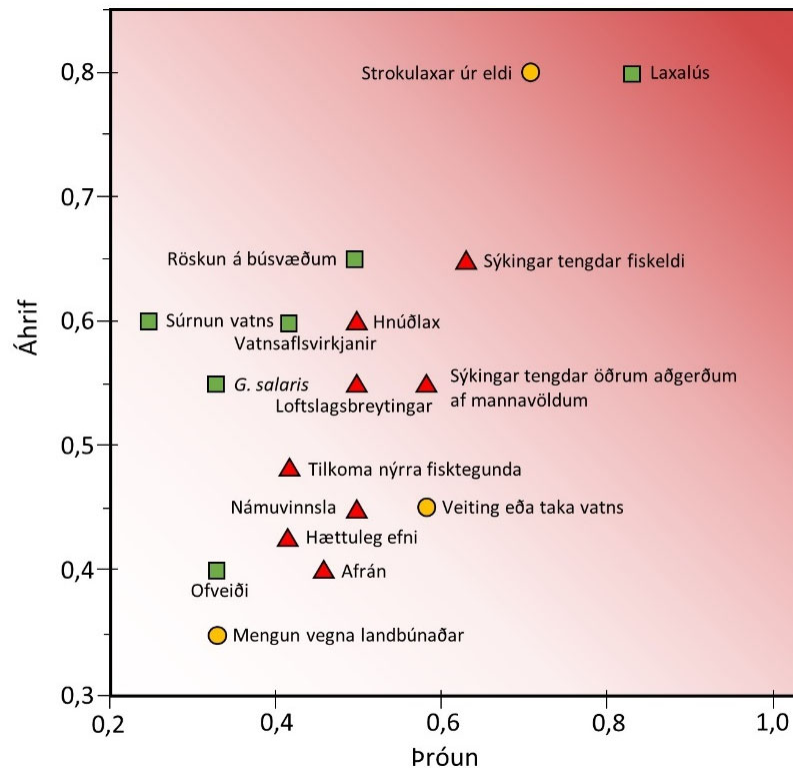
Lax og silungsveiði er mikilvæg atvinnugrein á Íslandi og með auknu eldi á kynbættum laxi af norskum stofnum hafa áhyggjur af neikvæðum áhrifum eldisins á umhverfi og villta stofna laxfiska farið vaxandi. Veiðiskráning á laxi hér á landi hefur verið með því besta sem gerist hjá laxveiðipjóðum og segja veiðitölur mikið um umfang og breytingar á stofnstærðum. Samkvæmt skráningum Hafrannsóknastofnunar hafa frá árinu 1974 veiðst að meðaltali rúmlega 40 þúsund laxar á stöng hér á landi ár hvert, mest árið 2008 þegar yfir 84 þúsund laxar veiddust. Á sama tíma hefur dregið verulega úr netaveiði á laxi. Meðalnetaveiði frá árinu 1974 er tæplega 11 þúsund laxar en veiðin hefur verið um helmingur þess undanfarin ár (Guðmunda B. Þórðardóttir og Guðni Guðbergsson 2021). Veiði hvers árs er skráð í veiðibækur og annast Hafrannsóknastofnun samantekt þessara gagna. Út frá aflatölum, þar sem hafbeitarlax er undanskilinn, er hægt að meta heildargöngu og hrygningarstofn laxa á Íslandi ár hvert. Þá er gert ráð fyrir 50% veiðiálagi á smálax og 70% á stórlax og að þriðjungur þeirra laxa sem sleppt er veiðist aftur, en þetta er notað sem besta nálgun samkvæmt fyrri rannsóknum (Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson 2002, Ingi Rúnar Jónsson o.fl. 2008 og Guðni Guðbergsson og Sigurður Már Einarsson 2003, Borgar Páll Bragason 2005). Á 2. mynd má sjá mat á heildargöngu villtra laxa þar sem hafbeitarlax er undanskilinn. Meðaltal göngunnar á tímabilinu 1971-2020 eru rúmlega 80 þúsund laxar og hrygningarstofn rétt undir 40 þúsund löxum. Síðustu ár hafa þessar tölur verið vel undir meðaltali og árið 2020 er gangan áætluð 38 þúsund fiskar og hrygningarstofninn tæplega 25 þúsund fiskar (2. mynd) (Guðmunda B. Þórðardóttir og Guðni Guðbergsson 2021).

Haustið 2021 voru rúmlega 10 milljónir laxaseiða sett út í sjókvíar við Ísland (Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2021) og ljóst að stærðarhlutföll sjókvíaeldis og villtra stofna eru mikil. Ekki má því mikið út af bregða hvað varðar erfðablöndun eldisfiska við villta stofna laxfiska ef laxar sleppa úr sjókvíum og hrygna með villtum löxum. Til að draga úr líkum á að fiskar sleppi hafa verið settir staðlar fyrir búnað og lágmarkstærð seiða sem sett eru í sjókvíar. Líkur eru til að áhrif blöndunar verði meiri eftir því sem stofnar eru ólíkari og ef hlutfall eldisfiska í hrygningu er hátt. Hafa þarf huga að sá eldisstofn sem notaður er hér á landi er af norskum uppruna og hefur verið kynbættur og því erfðafræðilega frábrugðinn íslenskum laxastofnum.

Villtir stofnar laxfiska eru verðmæt náttúruauðlind á Íslandi og hluti af líffræðilegum fjölbreytileika landsins. Margir mismunandi þættir geta haft áhrif á stöðu þeirra og þá sérstaklega í tengslum við eldi. Tveir þessara þátta hafa verið taldir sérstaklega mikilvægir samkvæmt áhættumati sem gert hefur verið í Noregi, annars vegar laxalús sem eykur afföll í sjó á löxum og sjóbirtingi og hins vegar erfðablöndun frá strokulöxum úr eldi sem hefur einnig áhrif til að draga úr viðkomu stofna (3. mynd) (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2020).



2. mynd. Heildarganga laxa upp í ár á Íslandi metin út frá aflatölum ásamt mati á hrygningarstofni laxa tímabilið 1971-2020.



3. mynd. Greining norsku ráðgjafanefndarinnar fyrir Atlantshafslax á 17 áhættuþáttum sem taldir eru geta haft áhrif á villta laxastofna þar í landi og mögulega þróun neikvæðra áhrifa. Misjafnt er hve mikil þekking er á bak við hvern áhættuþátt og þróun þeirra til framtíðar. Grænir kassar = mikil þekking og lítill óvissa; gulir hringir = meðal þekking og meðal óvissa; rauðir þríhyrningar = lítil þekking og mikil óvissa (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2020). Áhættuþættir íslenskaðir hér.

Hætta er á að göt komi á sjókvíar þar sem lax er alinn, t.d. vegna veðurs eða mannlegra mistaka og þannig er möguleiki á að eldislax sleppi úr kvíum og gangi upp í íslenskar ár. Hafrannsóknastofnun, með aðstoð Fiskistofu og MATÍS, hefur með höndum eftirlit og greiningu á meintum eldislögum sem gætu hafa strokið úr eldiskvíum þegar kvíar skaddast en oft er erfitt að áætla mögulegt umfang stroks hverju sinni (sjá [kafla 3](#) í skýrslunni). Breyting á lögum um fiskeldi tók gildi árið 2020 og í kjölfarið var gefin út ný reglugerð um mitt það ár (nr. 540/2020). Breytingin hefur í för með sér aukið eftirlit og upplýsingagjöf um fiskeldi, þ.á.m. upplýsingar um meint strok laxa úr eldi. Matvælastofnun hefur umsjón með að fylgja eftir skráðum atburðum þar sem fiskur hefur mögulega sloppið en hægt er að sjá skýrslur um slíka atburði á „mælaborði Fiskeldis“ á vefsíðu stofnunarinnar (<https://www.mast.is/is/maelabor-d-fiskeldis/rekstrarleyfi-og-eftirlitsskyrslur>). Í mælaborðinu má einnig finna upplýsingar um fleiri þætti fiskeldis á Íslandi, t.d. kortasjá, framleiðslutölur, fjölda laxalúsa og afföll eftir landshlutum og fjörðum. Á heimasíðu norsku Fiskistofunnar (Fiskeridirektoratet) (<https://www.fiskeridir.no/>) er hafsja fiskeldis með

lifandi korti sem geymir upplýsingar um hina ýmsu þætti fiskeldis í Noregi á afar aðgengilegan hátt en þar má t.d. finna upplýsingar um stök úr kvíum aftur í tímann, sjúkdóma sem komið hafa upp eftir stöðum og margt fleira. Árið 2021 opnaði Fiskistofa, í samvinnu við Landmælingar Íslands, Hafrannsóknastofnun og Matvælastofnun, samskonar hafsjá fyrir Ísland (<https://atlas.lmi.is/mapview/?application=haf>). Markmiðið með henni er að hægt verði að sjá sem flestar landfræðilegar upplýsingar um hafið á einum stað frá mörgum stofnunum. Þar á meðal eru gögn um sjókvíaelði og skelfiskaeldi og vonandi koma inn frekari upplýsingar með tímanum, t.d. upplýsingar um stök úr kvíum. Með þessu verður upplýsingagjöf um sjókvíaelði hérlandis aðgengilegri og betri en verið hefur. Á vef Hafrannsóknastofnunar ([www.hafogvatn.is](http://www.hafogvatn.is)) má einnig finna upplýsingar um vöktun veiðiáa landsins.

Laxalús (*Lepeophtheirus salmonis*) er annar áhættuþáttur fyrir villta stofna laxfiska í tengslum við sjókvíaelði (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2020). Laxalýs eru krabbadýr sem lifa sem sníkjudýr á blóði fiskanna. Ólíkt fiskilúsinni (*Caligus elongatus*) er laxalúsinn sérhæfð á hýsil og er helst að finna á laxfiskum, t.d. laxi og sjóbirtingi en þessar tvær tegundir lúsa eru taldar vera mestu skaðvaldarnir í sjókvíaelði í Atlantshafinu (Boxaspen 2006). Í miklum mæli veldur laxalúsinn fisknum skaða, t.d. veldur hún sárum sem geta leitt til afleiddra sýkinga. Lýsnar eru til staðar í náttúrulegu umhverfi, yfirleitt í litlum mæli, en í nálægð við sjókvíaelði getur fjöldinn magnast upp og farið að valda villtum fiski skaða (Chelsey M. Karbowski o.fl. 2019, Eva Dögg Jóhannesdóttir 2019 og Whelan 2010). Mótvægisáðgerðir við fjölgun laxalúsar í kvíum eru t.d. lyfjameðhöndlanir og notkun svokallaðs „hreinsifisks“. Árið 2014 hóf Tilraunaeldisstöð Hafrannsóknastofnunar tilraunir á klaki og seiðaelði hrognkelsa. Hrognkelsi nærast á krabbadýrum og geta þannig haldið laxa- og fiskilús í skefjum og flytur tilraunastöðin nú út hrognkelsi, aðallega til Færeyja, en einnig hafa innlend fyrirtæki á Vestfjörðum nýtt sér þessa aðferð til að halda lúsinni í skefjum í sjókvíum. Fiskilúsinn hefur einnig verið meira áberandi samfara auknu eldi en hún er minni og veldur ekki sárum á fisknum í sama mæli og laxalúsinn. Þó getur hún valdið vanþrifum á laxi og aukið líkur á sjúkdómum. Hún er tækifærissinni sem flytur sig auðveldlega milli tegunda eftir umhverfisaðstæðum. Í sjókvíaelði er hún mest áberandi að hausti og fram á vetur en hverfur svo nánast alveg langt fram á sumar. Síðustu ár hefur MAST heimilað fyrirbyggjandi lyfjameðhöndlanir gegn laxa- og fiskilús, sjá frekar í fundargerðum fisksjúkdómanefndar (<https://www.mast.is/is/maelabord-fiskeldis/fisksjukdomanefnd>). Með áður nefndum breytingum á lögum um fiskeldi fylgdu auknar kröfur um innra eftirlit eldisstöðva um vöktun á lús enda er mikilvægt að sofna ekki á verðinum samfara auknu fiskeldi hér við land. Mikilvægt er að auka þekkingu á laxalús hér á landi til að áðgerðir gegn fjölgun hennar séu markvissar og hafi sem

minnst áhrif á umhverfi en t.d. geta sum þeirra lyfja sem notuð eru gegn laxalús aukið afföll á öðrum krabbadýrum t.d. humri og rækju (Ingibjörg G. Jónsdóttir og Guðrún G. Þórarinsdóttir 2019).

Laxa- og fiskilýs eru þó ekki einu skaðvaldarnir sem geta valdið vandræðum í sjókvíaeldi þó almennt hafi heilbrigðisstaða í fiskeldi verið í góðum farvegi árið 2021 samkvæmt ársskýrslu dýralæknis fisksjúkdóma. Uppkoma sjúkdóma af völdum baktería, veira eða sníkjudýra getur einnig verið mikið vandamál í fiskeldi en eftirlit og greining hér á landi hefur verið í höndum Matvælastofnunar og Tilraunastöðvar Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum. Hingað til hefur nýrnaveiki (*Renibacterium salmoninarum*) líklega verið þeirra þekktastur enda sá sjúkdómur sem valdið hefur mestum usla í gegnum tíðina í eldi hérlandis. Í nóvember 2021 greindist svo í fyrsta skipti hér við land meinvirkt afbrigði ISA veiru (ISA-del) og hefur nú greinst bæði í Reyðarfirði og Berufirði (Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2021 og Matvælastofnun 2022b). Þetta afbrigði veirunnar veldur sjúkdómi í laxi sem er tilkynningarskyldur samkvæmt Alþjóða dýraheilbrigðisstofnunni (OIE) en sjúkdómurinn kallast blóðþorri (e. infectious salmon anaemia). Blóðþorri getur valdið alvarlegu blóðleysi og blæðingum sem á endanum geta leitt til líffæradreps og dauða (Authie o.fl. 2012). Öllum laxi úr kvínni og nærliggjandi svæðum var slátrað (Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma 2021). Frá því að fyrsta tilfelli blóðþorra var staðfest í Noregi árið 1984 hefur sjúkdómurinn komið upp hjá fjölmörgum öðrum laxeldisþjóðum (Matvælastofnun 2022b) sem undirstrikar mikilvægi þess að áfram verði skimað fyrir sjúkdómnum með reglubundnum hætti og ýtrustu varúðar gætt.

Árið 2017 kom út áhættumat Hafrannsóknastofnunar vegna mögulegrar erfðablöndunar milli eldislaxa og náttúrulegra laxastofna á Íslandi (Ragnar Jóhannsson o.fl. 2017). Þar var kynnt gagnvirkt áhættumatslíkan fyrir erfðablöndun eldislaxa við villta íslenska laxastofna sem gefa á rétta mynd af fjölda strokufiska sem gætu tekið þátt í klaki í hverri á og þannig blandast náttúrulegum stofnum. Markmiðið var að hámarka atvinnu- og samfélagsleg áhrif laxeldis án neikvæðra áhrifa á lax- og silungsveiði í landinu. Í skýrslunni var lögð fram vöktunaráætlun þar sem m.a. var eftirfarandi lagt til; vöktun lykiláa með teljurum, skráningu á stroki úr eldi, söfnun og greining hreistursýna og erfðagreining smáseiða.

Hér er fjallað um umfang og niðurstöður vöktunar vegna áhrifa sjókvíaeldis á íslenska laxastofna, sem er í samræmi við vöktunaráætlun Hafrannsóknastofnunar. Samskonar skýrsla kom út fyrir árið 2020 (Fjóla Rut Svavarsdóttir o.fl. 2021) en ætlunin er að gera grein fyrir niðurstöðum vöktunarinnar árlega með vísunum í ítarlegri skýrslur þar sem það á við. Vöktun Hafrannsóknastofnunar nær einnig til umhverfisáhrifa sjókvíaeldis í íslenskum fjörðum. Hér er

ekki fjallað um þann hluta vöktunarinnar en bent er á skýrslu Hafrannsóknastofnunar sem kom út árið 2020 (Rakel Guðmundsdóttir o.fl. 2020)

## 2 Fiskteljarar

### 2.1 Inngangur

Vegna vöktunar áhrifa sjókvíaeldis á villta laxastofna er mjög mikilvægt að geta fylgst með hvort og í hvaða magni strokulaxar úr eldiskvíum ganga í ár. Með fiskteljurum sem útbúnir eru með myndavél opnast möguleiki á að fylgjast með í rauntíma hvort fiskar sem bera ytri eldiseinkenni (s.s. á uggum) séu að ganga í árnar. Um leið eru talningarnar liður í að meta ástand náttúrlegs laxastofns viðkomandi vatnfalls. Rekstur myndavélarteljara í ám er því mikilvægur hluti af vöktun áhrifa sjókvíaeldis á villta stofna laxfiska.

Búnaðinum er komið fyrir í hindrun í ánni sem beinir göngufiski um teljarann. Í mörgum tilfellum er um að ræða fiskstiga sem byggðir hafa verið í ám, en í öðrum tilfellum hefur verið byggður fyrirstöðuþröskuldur í árnar sem sérstaklega er ætlað að beina fiski í gegnum teljarann (4. mynd).



4. mynd. Fiskvegur í Laugardalsá í Ísafjarðardjúpi (vinstri) og teljarabrep í Langadalsá í Ísafjarðardjúpi (hægri).

## 2.2 Aðferðir

Á síðari árum hafa flestir nýir fiskteljarar sem settir hafa verið í ár hér á landi verið útbúnir myndavél (5. mynd).

Í meginatriðum samanstendur búnaðurinn af stjórn tölvu uppi á bakka ásamt skynjurum og myndavél niðri í vatninu. Þegar fiskur gengur um myndavélarteljara, metur teljarinn stærð hans og skráir göngutíma. Einnig er myndband af fiskinum vistað í stjórn tölvu. Stjórn tölvun er nettengd og býður upp á að vista gögnin á netþjóni í skýinu með reglulegu millibili. Auk þess er boðið upp á að birta upplýsingar um hvern fisk á vefsíðu, þ.m.t. myndskaið af fiskinum. Eldri teljarar eru ekki allir búnir myndavél.

Myndskaið (6. mynd) af fiskunum gefur möguleika á að greina fisktegund og skoða frekar útlit fisksins, s.s. hvort hann sé uggaklipptur og því merktur, særður eða annað. Einnig hvort fiskurinn beri ytri einkenni eldisuppruna, s.s. eydda ugga eða brot í uggum eða fisklögum sem bendir til eldisuppruna (sjá 8. mynd, í kaflanum um meinta strokulaxa).



5. mynd. Teljari í Laugardalsá í Ísafjarðardjúpi er útbúinn með skynjurum, myndavél og ljósum.



6. mynd. Lax á göngu upp teljara í Laugardalsá 29. júní 2020.

### **2.3 Teljarar**

Tæplega 20 teljarar hafa verið í rekstri í ám hér á landi um lengri tíma og eru 12 þeirra útbúnir myndavél (tafla 1). Hluti teljaranna er rekinn af veiðifélögum í viðkomandi á en aðrir eru hluti af vöktun Hafrannsóknastofnunar.

Þeir teljarar útbúnir myndavél sem næst eru eldissvæðunum á Vestfjörðum, eru annars vegar í Laugardalsá og Langadalsá í Djúpi og hins vegar í Krossá á Skarðsströnd í Breiðafirði. Starfsemi myndavéarteljara í Laugardalsá hófst sumarið 2018, en hinna tveggja sumarið 2019.

Myndavéarteljarar næst eldissvæðum á Austfjörðum eru annars vegar teljari í Vesturdalsá í Vopnafirði og hins vegar í Grenlæk í Landbroti, auk teljara í vatnakerfi Þjórsár. Vinna stendur yfir við hönnun á fyrirstöðu fyrir teljara í Breiðdalsá.

**Tafla 1.** Árvaka fiskteljarar hér á landi með langa gagnaröð og sem voru í rekstri sumarið 2021.

| Nafn ár                             | Staðsetning                  | Tímabil     | Myndavél<br>síðan | Lax      |        |       | Silungur |
|-------------------------------------|------------------------------|-------------|-------------------|----------|--------|-------|----------|
|                                     |                              |             |                   | Meðalfj. | Minnst | Mest  | Meðalfj. |
| Myndavéarteljara                    |                              |             |                   |          |        |       |          |
| Elliðaár - Reykjavík                | N: 64,119400°, W: 21,838963° | 4)          |                   |          |        |       |          |
| Úlfarsá - Reykjavík                 | N: 64,141163°, W: 21,762567° | 2007-2021   | 2020              | 252      | 47     | 840   | 124      |
| Laxá í Leirársveit                  | N: 64,428326°, W: 21,661124° | 2020-2021   | 2020              | 539      | 403    | 674   |          |
| Laxá í Leirársveit                  | N: 64,428326°, W: 21,661124° | 2000 - 2019 |                   | 790      | 151    | 1629  | 78       |
| Langá - Skuggafoss                  | N: 64,590155°, W: 21,992500° | 2008-2021   | 2021              | 988      | 988    | 988   |          |
| Langá - Skuggafoss                  | N: 64,590155°, W: 21,992500° | 2008-2020   |                   | 2238     | 869    | 3997  | 29       |
| Krossá á Skarðsströnd               | N: 65,264829°, W: 22,353005° | 1998-2021   | 2018              | 113      | 99     | 129   |          |
| Laugardalsá í Djúpi                 | N: 66,009142°, W: 22,644310° | 2018-2021   | 2018              | 233      | 206    | 300   | 49       |
| Langadalsá í Djúpi <sup>5)</sup>    | N: 65,884565°, W: 22,331733° | 2019-2021   | 2019              | 78       | 52     | 103   | 56       |
| Selá - Selárfoss                    | N: 65,798500°, W: 14,922332° | 2006-2021   | 2021              | 1220     | 605    | 1872  | 169      |
| Vesturdalsá í Vopnafirði            | N: 65,721886°, W: 14,967420° | 1994-2021   | 2006              | 242      | 105    | 415   | 1.407    |
| Grenlækur í Landbroti <sup>2)</sup> | N: 63,728794°, W: 17,962673° | 1996-2021   | 2010              | 1        | 0      | 7     | 1.405    |
| Kálfá við Árnes                     | N: 64,032150°, W: 20,320477° | 2013-2021   | 2013              | 568      | 365    | 912   | 124      |
| Þjórsá - Búði <sup>3)</sup>         | N: 64,013167°, W: 20,271492° | 1992-2021   | 2015              | 1.498    | 769    | 2.166 | 98       |
| Án myndavélar                       |                              |             |                   |          |        |       |          |
| Norðurá í Borgarfirði               | N: 64,754043°, W: 21,546198° | 2002-2021   |                   | 2.159    | 716    | 4.379 | 218      |
| Gljúfurá í Borgarfirði              | N: 64,664030°, W: 21,680008° | 2010-2021   |                   | 684      | 231    | 1.246 | 149      |
| Langá - Sveðjufoss                  | N: 64,698948°, W: 21,861576° | 2000-2021   |                   | 998      | 367    | 1.780 | 38       |
| Blanda í Húnavatnssýslu             | N: 65,661957°, W: 20,248871° | 1994-2021   | 1)                | 1.926    | 388    | 5.204 | 1.004    |
| Selá – Efri foss                    | N: 65,697835°, W: 15,232550° | 2011-2021   |                   | 73       | 54     | 110   | 1        |

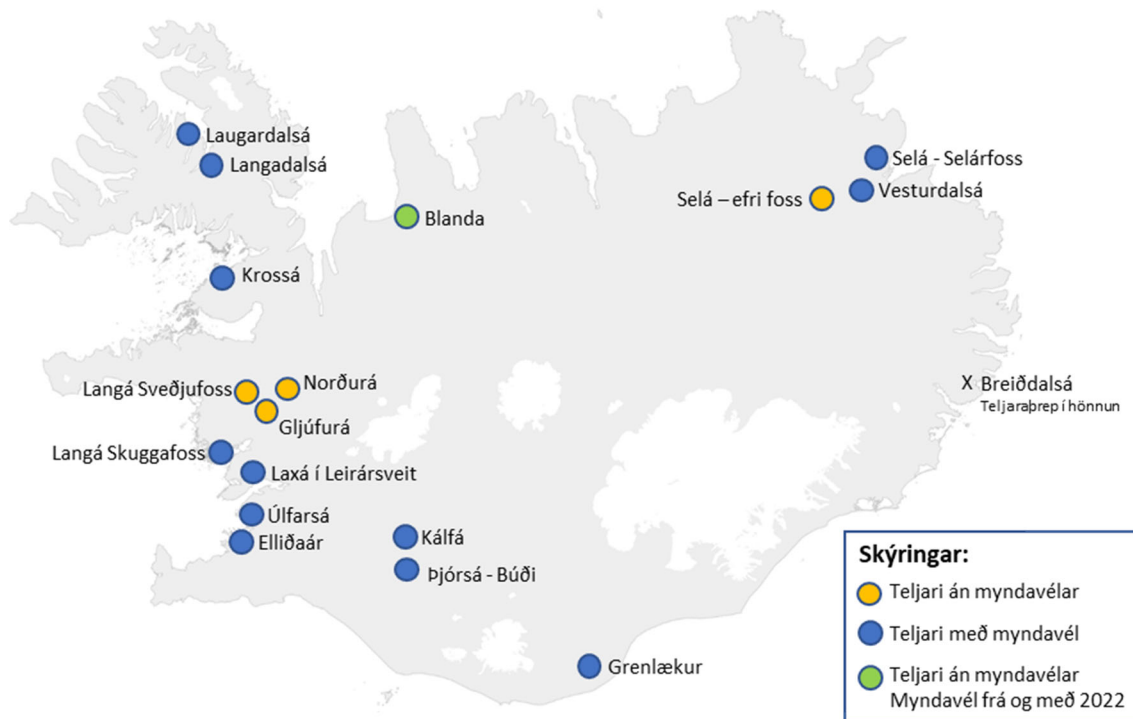
<sup>1)</sup> Teljari uppfærður í myndavélateljara vorið 2022

<sup>2)</sup> Grenlækur fjöldatölur 2010-2020

<sup>3)</sup> Búði fjöldatölur 2015-2020

<sup>4)</sup> Teljari er ekki hluti af vöktun Hafrannsóknastofnunar

<sup>5)</sup> Meðaltöl fyrir 2019-2020. Talning 2021 misfórst



7. mynd. Staðsetning þeirra Árvaka fiskteljarar hér á landi sem eru með langa gagnaröð og voru í rekstri sumarið 2021.

## 2.4 Niðurstöður

Á síðustu árum hefur myndavéarteljurum verið fjölgað í ám m.t.t. staðsetningar eldissvæða og hvar mestar líkur eru taldar á að eldisfiskur komi fram. Gagnaröðin í þeim teljum er þó ekki orðin löng. Rekstur teljaranna hefur almennt gengið ágætlega, þó einhverjir vankantar hafi komið fram sem þurft hefur að sníða af. Nokkuð skýrar myndir hafa fengist af þeim fiskum sem gengið hafa um teljarana og hafa engir laxar verið metnir sem upprunnir úr sjókvíaelði samkvæmt ytri einkennum á þeim. Það er í ágætu samræmi við upplýsingar úr stangveiði, en fáir laxar af eldisuppruna hafa greinst þar.

Gögn úr teljurunum eru tekin saman í árlegum skýrslum fyrir hverja á ásamt frekari niðurstöðum á rannsóknum á fiskstofnum árinna. Í töflu 2 má sjá nýjustu skýrslur sem gefnar hafa verið út á Hafrannsóknastofnun þar sem gögn úr myndavélateljum eru tekin saman. Skýrslurnar eru aðgengilegar á vef Hafrannsóknastofnunar, [www.hafogvatn.is](http://www.hafogvatn.is).

Tafla 2. Nýjustu skýrslurnar þar sem tekin eru saman gögn úr myndavélateljrum sem eru hluti af vöktun Hafrannsóknastofnunar.

| Heiti skýrslu                                                                                          | Útgáfuár | Höfundar                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laugardalsá 2021. Seiðarannsóknir, stangaveiði og göngufiskur                                          | 2022     | Ingi Rúnar Jónsson og Sigurður Már Einarsson (í handriti)                                   |
| Rannsóknir á fiskistofnum nokkurra áa á Norðausturlandi 2021                                           | 2022     | Hlynur Bárðarson, Sigurður Óskar Helgason og Eydís Njarðardóttir                            |
| Vöktunarrannsóknir laxfiska í Langadalsá 2020                                                          | 2021     | Sigurður Már Einarsson                                                                      |
| Fiskirannsóknir á vatnasvæði Laxár í Leirársveit.                                                      | 2021     | Ásta Kristín Guðmundsdóttir og Sigurður Már Einarsson                                       |
| Viðmiðunarmörk hrygningar í Krossá á Skarðsströnd                                                      | 2020     | Sigurður Már Einarsson, Jóhannes Guðbrandsson og Ásta Kristín Guðmundsdóttir                |
| Vöktun á stofnum laxfiska í Úlfarsá 2019 / Monitoring of salmonid fish stocks in River Úlfarsá in 2019 | 2020     | Friðþjófur Árnason og Fjola Rut Svavarsdóttir                                               |
| Fiskrannsóknir á vatnasvæði Þjórsár árið 2020                                                          | 2021     | Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson                                                         |
| Vatnspurrð í Grenlæk 2016. Áhrif á lífríki í vatni.                                                    | 2018     | Magnús Jóhannsson, Ragnhildur P. Magnúsdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir og Benóný Jónsson. |

## 2.5 Umræður

Vöktun laxastofna með myndavélateljrum er mikilvægur þáttur í vöktun á mögulegum strokulöxum úr sjókvíaeldi sem ganga í ár. Það á ekki síst við um laxa úr síðbúnu stroki, sem líkur eru til að beri greinileg ytri einkenni úr eldinu, s.s. er varðar eydda ugga og fisklögum. Greining laxa úr snemmbúnu stroki gæti hins vegar verið erfiðari, þar sem minni líkur eru til að þessi einkenni séu til staðar. Þar sem hægt er að fylgjast með göngunni um teljarana frá degi til dags, er um að ræða mikilvæga vöktun á hugsanlegum göngum eldislaxa, sem gefur möguleika á að grípa strax til aðgerða ef mikið er af eldislaxi með ytri einkenni, s.s. með því að stöðva fisk við teljarana og fjarlægja eldislax. Slíkt væri þó auðvitað aðeins neyðarúrræði.

Einn þáttur í áhættu vegna erfðablöndunar laxastofna, er stærð náttúrulega stofnsins sem verður fyrir innblöndun eldisfiska. Því öflugri sem náttúrulegi stofninn er, því betur stendur hann að vígi varðandi áhrif af innblöndun eldisfiska. Vöktun á náttúrulegum stofnum er því mikilvægur þáttur í mati á hættu á erfðablöndun. Benda má á að í Noregi, þar sem laxeldi í sjókvíum er hvað mest í heiminum, hafa þessir þættir verið teknir föstum tókum með því að setja á laggirnar vísindaráð fyrir stjórnun auðlinda villtra laxa (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning).

Nokkrar vonir hafa verið bundnar við að með myndavélateljrum yrði hægt að meta fjölda lúsa á göngufiskum úr sjó. Ljóst var þó að nokkur þróun þyrfti að vera á þeim búnaði sem til er svo það væri hægt, s.s. hvað varðaði myndavél teljarans. Engin þróun hefur enn komið fram á teljurunum sem auðvelda talningu á lús á fiskum.

Unnið er samkvæmt fyrirfram gerðri áætlun um fjölgun myndavéarteljara, til vöktunar á göngum strokulaxa frá sjókvíaeldi í íslenskar ár. Sumarið 2021 var komið fyrir myndavéarteljara í Langá á Mýrum í Borgarfirði. Teljari þar er talinn góður kostur m.t.t. vöktunarinnar þar sem mikill fjöldi laxa gengur árlega í ána og mjög stórar laxagöngur eru við ós árinna áfram inn í vatnakerfi Hvítár í Borgarfirði. Einnig er mikilvægt að neðst í ánni er fiskvegur sem er ákjósanlegur staður fyrir teljara.

Stefnt er að því að reisa nýtt teljaraprep í Krossá á Skarðsströnd, ef fjármögnun fæst. Talningar hafa verið í Krossá um árabil, en búnaðurinn var uppfærður í myndavéarteljara árið 2019. Eldra teljaraprep og umbúnaður teljara þarfnast endurnýjunar, en staðsetning þess veldur því að í sumum aðstæðum getur fiskur gengið framhjá teljaranum. Því hefur verið hannað nýtt prep lítillaga neðan við núverandi prep, sem verður sérhannað fyrir núverandi búnað auk þess að bjóða upp möguleika á frekari rannsóknum. Aðrir innviðir, s.s. tækjahús og rafmagns- og nettengingar munu hins vegar nýtast óbreytt þrátt fyrir nýja staðsetningu teljara.

Vinna er hafin við endurnýjun teljara í Blöndu í Húnavatnssýslu í myndavéarteljara og áætlað að hann verði kominn í notkun fljótlega á komandi sumri. Teljari er staðsettur í fiskvegi í Ennisflúðum neðarlega í Blöndu. Teljari hefur verið starfræktur í ánni frá árinu 1994 og er meðalfjöldi laxa sem gengið hafa árlega úr sjó nærri 2000 laxar á þessu tímabili. Staðsetning teljarans svo nærri ósi árinna í sjó og stærð göngunnar, gera vöktun með myndavéarteljara ákjósanlega í ánni.

### **3 Meintir strokulaxar**

#### **3.1 Inngangur**

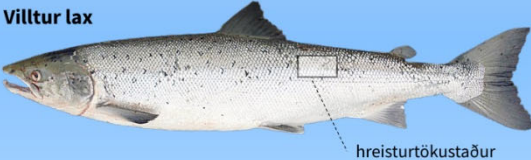
Eldislaxar geta sloppið/strokið úr sjókvíum og hluti þeirra leitað upp í ár til hrygningar og blandast villtum löxum. Ýmsar ástæður geta verið fyrir því að eldislaxar sleppi úr kvíum. Óvissa er um heildarfjölda strokulaxa en hann er breytilegur milli ára. Búast má við að strokulöxum sem leita í ár fjölgi með aukinni framleiðslu í sjókvíaeldi. Á undanförunum árum hefur Hafrannsóknastofnun greint uppruna meintra strokulaxa sem ýmist hafa veiðst í sjó eða ám. Með uppruna er átt við hvort lax sé villtur eða úr eldi og enn fremur hvaðan eldislax slapp, þ.e. úr hvaða kví eða kvíabyrpingu. Laxar sem borist hafa stofnuninni til greiningar hafa komið úr eftirlitsveiði Fiskistofu og frá veiðimönnum. Í samstarfi við Fiskistofu hefur Hafrannsóknastofnun útbúið leiðbeiningar á íslensku og ensku um hvernig þekkja megir helstu útlitseinkenni strokulaxa (og regnbogasilunga) og hvernig bregðast skuli við, vakni grunur um veiðar á eldisfiskum (8. mynd). Leiðbeiningarnar

hafa verið sendar flestum veiðifélögum og því mögulega aðgengilegar mörgum stangveiðimönnum.

## Veiddir þú eldislax eða regnbogasilungur?

**Hvernig þekkja má strokufiska úr eldi.** Strokulaxa úr eldi má þekkja á einum eða fleirum eftirfarandi einkennum: skemmdir á uggu og sporði, eyddum tálknbördum, lögun trjónu og kubbslegum vexti. Regnbogasilungar geta haft svipuð einkenni og eldislaxar en eru jafnan enn kubbslegri, doppóttari á bók og sporði og hafa rauðleita sliktu eftir endilöngum búknum. Allur regnbogasilungur á Íslandi er úr eldi.

**Villtur lax**



**Viðbrögð**

Ef grunur leikur á að veiðst hafi eldislax eða regnbogasilungur skal tilkynna það strax til Fiskistofu eða Hafrannsóknastofnunar. Gefa skal upp veiðistað, dagsetningu, tegund, kyn, lengd og þyngd. Æskilegt er að koma fiski til Fiskistofu eða Hafrannsóknastofnunar til greiningar, ferskum eða frosnum. Uppruni fiska er þá metinn út frá útliti eða erfðasamsetningu. Ef ekki er unnt að verða við því má senda hreistursýni til greiningar. Skafa skal u.þ.b. 20 hreistr af svæðinu sem sýnt er á mynd að ofan og setja í hreisturpoka (eða í annað pappírsumslag). Nota skal hreinan hníf við hreisturtökuna. Senda skal ljósmynd af fiski í tölvupósti.



**Regnbogasilungur**

**Eldislax**



|                                                                                    |                                                                                     |                                                                                                           |                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|   |   |                        |   |
|   |   |                        |   |
|  |  |                       |  |
| <b>Trjóna</b><br>stutt, aflöguð                                                    | <b>Tálknbörð</b><br>slitin                                                          | <b>Eyr- og bakuggar</b><br>slitnir, stuttir, brot í uggaðeislum, geislar samgrónir eða uggar alveg eyddir | <b>Sporður</b><br>slitinn, eyddur, þver                                              |



**FISKISTOFA**

Dalshrauni 1, 220 Hafnarfirði  
S: 569-7900, fiskistofa@fiskistofa.is



**HAFRANNSÓKNASTOFNUN**

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna  
Fornubúðum 5, 220 Hafnarfirði  
S: 575-2000, hafogvatn@hafogvatn.is

8. mynd. Leiðbeiningar um hvernig þekkja megi mögulega strokulaxa úr eldi og hvernig skuli bregðast við. Leiðbeiningarnar hafa verið sendar flestum veiðifélögum.

### 3.2 Aðferðir

Við greiningu á uppruna meintra strokulaxa notast Hafrannsóknastofnun við útlitseinkenni (þegar hægt er) og erfðafræðilegar aðferðir (Leó Alexander Guðmundsson o.fl. 2017; Anon 2020). Þegar meintur strokulax berst Hafrannsóknastofnun til greiningar er fiskurinn ljósmyndaður, mældur (lengd og þyngd) og útlit metið. Kubbslegur vöxtur, skemmdir uggar og sporðar og aflagaðir skoltar geta gefið vísbendingu um eldisuppruna. Hins vegar geta strokufiskar, einkum þeir sem sleppa snemma á æviskeiði sínu, verið án áberandi ytri einkenna og því erfitt að greina frá villtum löxum. Laxar eru krufðir og skoðað hvort finna megi samgróninga milli líffæra, sem til verða eftir bólusetningu, þeir kyngreindir og kynþroskastig metið. Jafnframt er magainnihald kannað. Lýs á

fiskum eru taldar og sendar til greiningar hjá Fisksjúkdómadeild Tilraunastöðvar Háskóla Íslands í meinafræði að Keldum.

Hreistursýni og lífsýni er tekið af fiskum. Lífsýnin eru send til Matís ohf. sem erfðagreinar fiskana með 15 örtunglum (e. microsatellites). Erfðaupplýsingarnar eru bornar saman við erfðaupplýsingar þekktra eldislaxa og villtra laxa og uppruni metinn með forritinu STRUCTURE. Ef líklegt þykir að fiskur eigi uppruna úr eldi er reynt að greina hvaðan hann slapp. Það er gert með samanburði á arfgerð meints strokulax og arfgerðum mögulegra klakhænga. Þar sem MAST varðveitir lífsýni allra klaklaxa (foreldrafiska) sem notaðir eru fyrir sjókvíaeldi á Íslandi og heldur nákvæmt bókhald yfir klakfiska og afkomendur þeirra frá klakstöð til sjókvíar má greina hvaðan strokulax slapp svo fremi sem hann sé úr íslensku eldi.

Matís ohf. hefur einnig greint fitusýrur í strokulöxum en úr hlutfalli fitusýra má áætla hvað fiskurinn hafi étið frá því að hann slapp. Úr þeim sýnum sem við höfum yfir að ráða virðist fitusýruhlutföll benda til þess að ef lax strýkur seint á lífsferli, nærast hann annaðhvort áfram nær eingöngu á laxafóðri, sem gæti bent til þess að þeir haldi sig nærri kvíum, eða að hann nærast takmarkað uns kynþroska er náð. Ef þeir hins vegar sleppa sem sjógönguseiði fylgi þeir lífsferli villtra fiska og nærast á villtri fæðu á fæðuslóð.

### **3.3 Niðurstöður**

Árið 2021 bárust Hafrannsóknastofnun sex laxar til upprunagreiningar. Erfðasýni og hreistursýni fékkst af tveimur smáum laxfiskum (<1 kg) sem komu í net í tengslum við lúsarannsóknir á villtum stofnum laxfiska á eldissvæðum. Tveir unglaxar (1,3 – 1,5 kg) komu úr veiði í Arnafirði. Annar fiskanna kom frá Arnarlaxi sem, í samráði við Fiskistofu, hafði lagt út net í kjölfar þess að gat uppgötvaðist á netapoka fyrirtækisins sbr. fréttatilkynningu MAST 31.08.2021 (Matvælastofnun 2021). Hinn laxinn veiddist á stöng í Sunddalsá í Trostansfirði, einn innfjarða Arnarfjarðar, og fékkst af honum hreistursýni til erfðagreiningar. Tveir fullorðnir laxar úr stangveiði bárust stofnuninni. Annar veiddist í Skálm í Vestur-Skaftafellssýslu og hinn í Hafralónsá á Norðausturlandi.

Niðurstöður erfðagreininga staðfestu að unglaxarnir tveir úr Arnafirði og fullorðni laxinn úr Hafralónsá voru af Sagastofni og því úr eldi. Aðrir fiskar voru af villtum uppruna. Fiskarnir úr Arnafirði voru undan sama hæng og væntanlega sloppið úr sömu kvínni. Sá sem kom úr netaveiði Arnarlax var heill. Hann bar ytri eldiseinkenni og var ókynþroska hængur. Laxinn úr Hafralónsa var

ekki undan þeim klakhængum sem greindir voru ( $N = 41$ ) og valdir í samráði við MAST. Að svo stöddu er því ekki hægt að rekja laxinn til kvíar eða kvíabyrpingar. Laxinn mældist 79 cm og 3,8 kg og því talið að hann hefði farið í kví sem seiði árið 2019 eða 2020 og miðaðist greining klakhænga við það. Líklegar ástæður fyrir því að ekki tókst að greina fiskinn til uppruna eru að fiskurinn var eldri en talið var eða að hann hafi strokið í Færeyjum þar sem hluti framleiðslunnar er af fyrrnefndum Sagastofni. Laxinn, sem bar ytri eldiseinkenni, var hrygna og stefndi á kynþroska um haustið (9. mynd).

Fitusýrugreining á strokulaxinum úr Hafralónsá og öðrum tveggja laxa úr Arnarfirði sýndi að fiskarnir höfðu verið aldir á laxafóðri og ekki skipt yfir í náttúrulega fæðu.



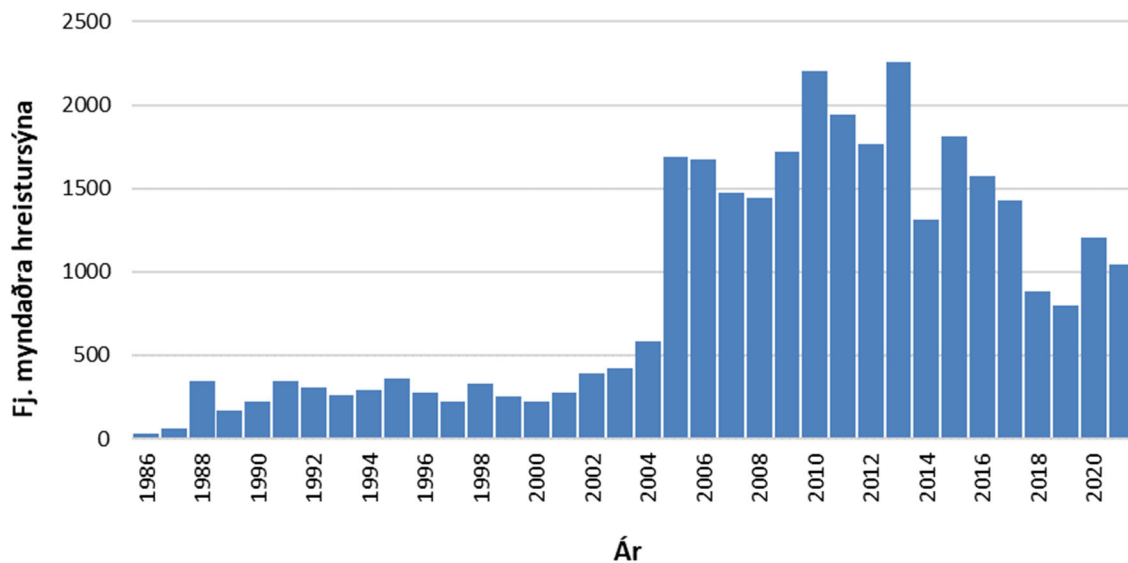
9. mynd. Strokulax úr eldi sem veiddist á stöng í Hafralónsá á Norðausturlandi í ágúst 2021. Eldislaxinn var 3,8 kg. hrygna sem stefndi á kynþroska um haustið.

## 4 Hreisturrannsóknir

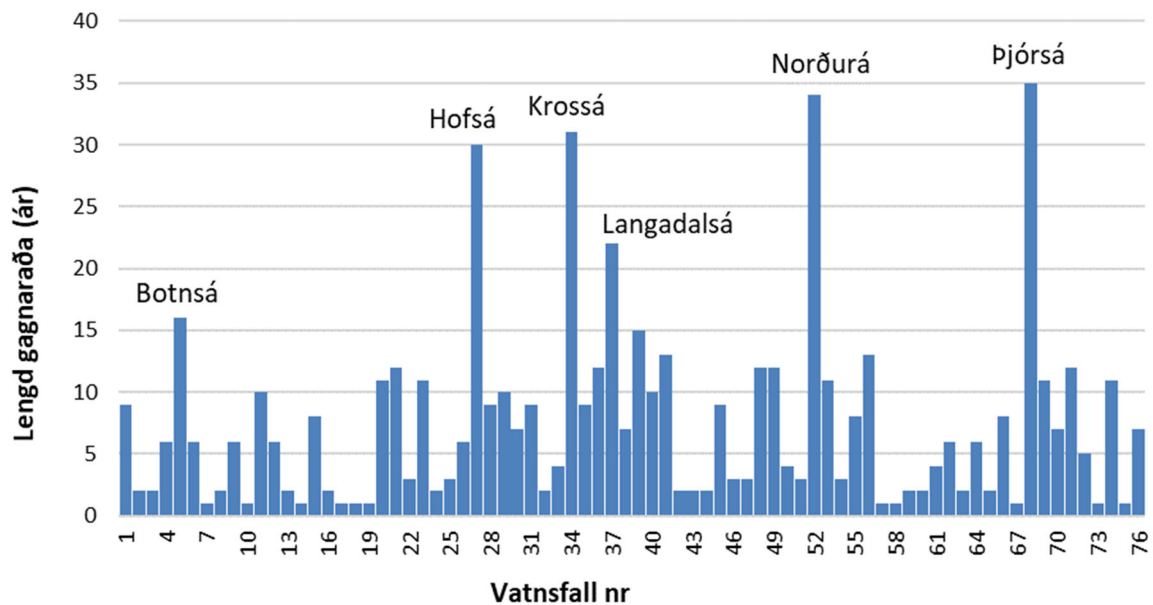
### 4.1 Inngangur

Rannsóknir á hreistri laxa er sú aðferð sem mest er beitt við rannsóknir á aldri og aldurssamsetningu laxastofna (ICES, 2011). Elstu hreistursýni af laxi í gagnagrunni Hafrannsóknastofnunar eru úr Flókadalsá í Borgarfirði frá árinu 1913, en almennt hófst söfnun hreistursýna skipulega með stofnun embættis Veiðimálastjóra 1946 (síðar Veiðimálastofnunar). Þannig hafa með tímanum orðið til nokkuð samfelldar gagnaraðir úr nokkrum ám sem ná nokkra

áratugi aftur í tímann. Lengi vel voru hreistursýni aldursgreind undir smásjá þar sem hreisturflögum var komið fyrir milli smásjarglerja. Miklar framfarir hafa síðan átt sér stað í greiningum hreistursýna, en nú er tekin afsteypa af hreistursýnum á plaststrimla, smásjármynd tekin af einstökum hreisturum og þau greind með þar til gerðu forriti í tölvu (Fishalysis, Image pro) (ICES, 2011). Á Íslandi hafa flest hreistursýni verið mynduð og greind frá árinu 2005 og í sumum tilfellum hafa sýni verið mynduð lengra aftur í tímann m.a. vegna þátttöku í Evrópuverkefnum (10. mynd). Alls hafa 29.013 hreistursýni laxa verið mynduð og aldursgreind á Hafrannsóknastofnun fram til þessa. Hreistursýni hafa verið mynduð úr 76 vatnsföllum á Íslandi og í sumum tilfellum eru til langar samfelldar gagnaraðir allt frá árinu 1986 úr Þjórsá (36 ár) og Norðurá í Borgarfirði frá árinu 1988 (34 ár) (11. mynd). Einnig er til staðar stórt safn af eldri sýnum og væri mikill fengur að því að mynda og greina eldri sýni, einkum þar sem samfella er í sýnasöfnun.



10. mynd. Fjöldi hreistursýna í gagnasafni Hafrannsóknastofnunar sem myndaður hefur verið í smásjá á tímabilinu 1986-2021.

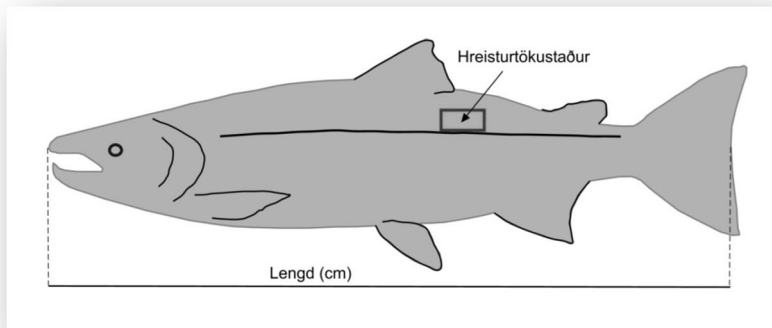


11. mynd. Yfirlit yfir lengd gagnaraða í árum talið í íslenskum ám á hreistursýnum á laxi sem hafa verið mynduð og þau myndgreind.

#### 4.2 Söfnun og greining hreistursýna

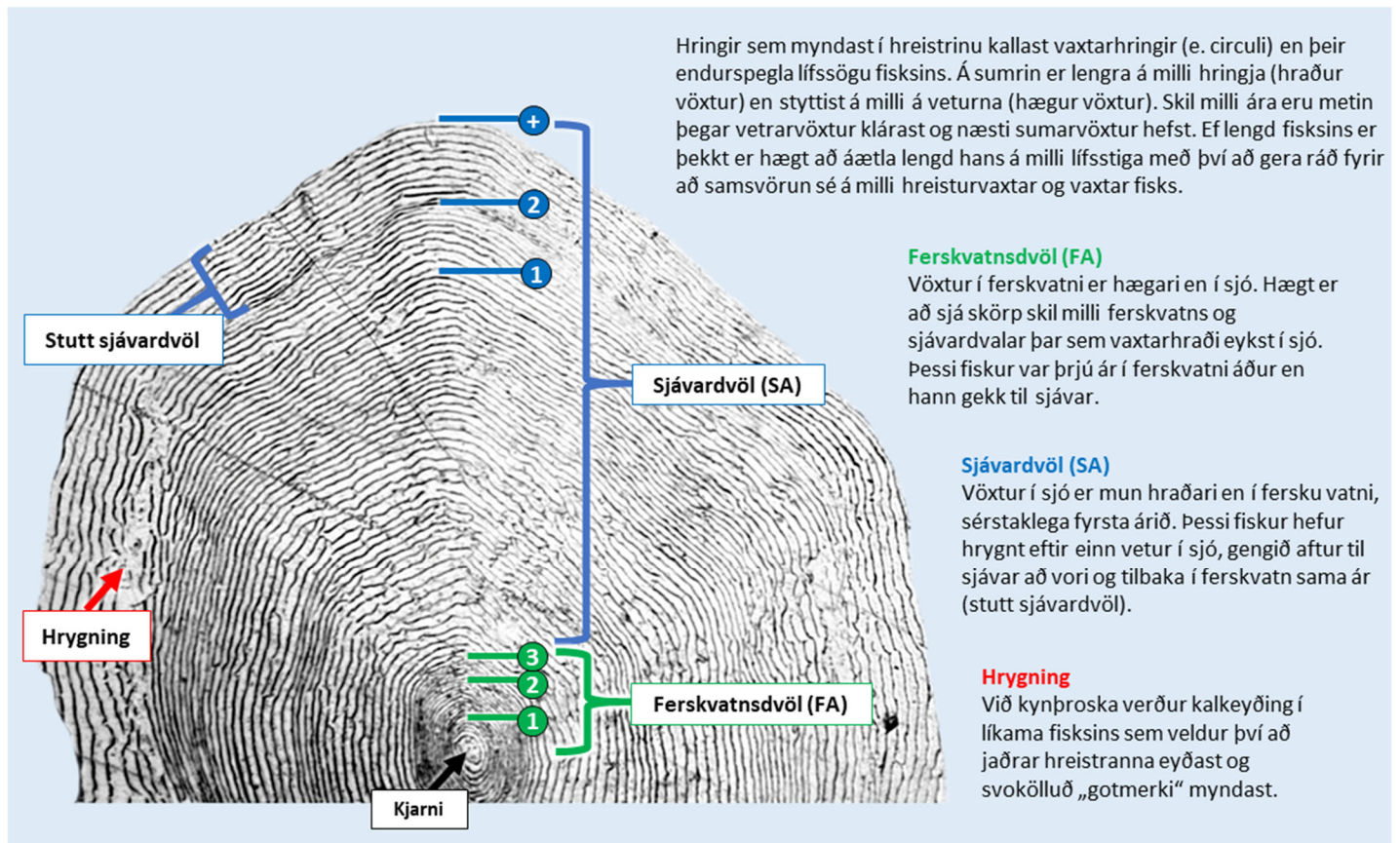
Mælt er með því að hreistursýnum sé safnað af vinstri hlið laxa, 3-6 hreisturröðum ofan hliðarrákar, rétt aftan við bakuggann (12. mynd). Safna skal u.þ.b. 20 hreisturflögum af hverjum fiski og koma fyrir í hreisturumslagi sem síðan eru geymd á þurrum stað. Hreistursýnataka er oftast framkvæmd af veiðimönnum eða veiðivörðum við veiðiárnar. Eftir að veiðar á flugu eru víða orðnar eina leyfða veiðiaðferðin í ám og sleppingar í laxveiði fóru að verða algengar (veitt og sleppt), hefur sýnatöku á hreistri dalað, sérstaklega á stórlaxi sem að stærstum hluta er sleppt til verndunar á hrygningarstofni ána.

Nr. \_\_\_\_\_ Teg. LAX  
 Veðivatin ELLIDÁR  
 Stöð SJÁVARFOSS  
 Dags. 28.08.2005  
 Lengd cm 63  
 Þyngd g 2500  
 Kjöttl. \_\_\_\_\_ Kyn HÆ Kynþr. \_\_\_\_\_  
 Sníkjudýr LÚS  
 Fæða \_\_\_\_\_  
 Ath: SLÖNGUMERKI  
IS 20295  
 Aldur \_\_\_\_\_



12. mynd. Sýnishorn af hreistursumslagi (til vinstri) og sýnatökustað sem mælt er með við töku hreistursýna (til hægri).

Með greiningu á hreistri er unnt að meta aldurssamsetningu laxastofnsins, bæði í ferskvatns- og sjávardvölinni. Hreistrið vex línulega við vöxt fisksins þar sem vaxtarhringir (e. circuli) myndast og endurspeglar hreistrið þannig lífssögu fisksins. Á sumrin er vöxturinn hraðari og verður þá lengra bil á milli vaxtarhringjanna, en á veturna er vöxtur mjög hægur. Með þessu móti er hægt að greina ákveðið mynstur í hreistrinu (13. mynd).



13. mynd. Dæmi um mat á lífssögu laxa með lestri á hreistri.

Svokallaðir áhringir eru metnir á skilunum milli þess sem veturinn endar og sumarvöxturinn hefst. Vöxtur í ferskvatni er langtum hægari en í sjó og þannig myndast skörp skil á milli ferskvatnsdvalar og sjávardvalar laxins (13. mynd). Aldur laxa er oftast táknaður með tveimur tölum þar sem fyrri talan gefur til kynna ferskvatnsaldur og sú seinni sjávaldur, þannig væri náttúrulegur fiskur sem dvaldi fjögur ár í ferskvatni og eitt ár í sjó fá táknið 4.1+ (14. mynd). Hægt er að bakreikna vöxt laxins á ákveðnum vaxtarskeiðum þar sem hreistrið vex línulega í samræmi við vöxt laxanna ef lengd hans við veiði er þekkt. Þannig má áætla lengd laxa við útgöngu til sjávar og lengd laxa við lok hvers vetrar í sjávardvöl þeirra. Einstaka laxar ná að lifa af hrygninguna, ganga aftur til sjávar til fæðunáms og ná að ganga í ána aftur til endurtekinnar hrygningar. Við kynþroska verður kalkeyðing í líkama fiskisins, sem veldur því að jaðrar hreistranna eyðast og „gotmerki“ myndast í hreistrinu og endurspeglar hreistrið þannig slíkan atburð í lífssögu fiskisins (13. mynd). Þannig veitir samfelld söfnun hreistursýna mikilvægar upplýsingar um laxastofn árinna hverju sinni. Auk

vaxtarmælinga er möguleiki á að meta uppruna laxins, þ.e. hvort hann megi rekja til náttúrlegs klaks árinna eða af eldisuppruna sem seiði sleppt til hafbeitar eða geti verið flækingur úr sjókvíaeldi. Fiskar sem sýna aðeins eitt ár í ferskvatnsdvölinni eru af eldisseiðauppruna meðan seiði af náttúrulegu klaki úr íslenskum ám eru oftast 3 – 5 ár í ánni (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson, 1996). Auk þess eru seiði sem sleppt er til hafbeitar eða til matfiskeldis í sjókvíum oft mun stærri, en náttúruleg gönguseiði þegar þau fara til sjávar og bakreiknuð stærð seiða við sjógöngu hjálpar til við að greina upprunagreiningu þeirra (14. mynd).



14. mynd. Samanburður á náttúrulegum laxi úr Krossá til vinstri (4.1+) og eldislaxi úr slyasleppingu í Patreksfirði til hægri (1.1+). Takið eftir muninum á stærð laxanna við lok ferskvatnsdvalar en ferskvatnaskjarninn er mun stærri í eldislaxinum og vöxtur jafnari. Náttúrulegi laxinn var 4 ára er hann gekk til sjávar og um 12 cm en eldislaxinn hefur verið 1 árs og rúmir 30 cm þegar hann hefur verið settur út í kví.

### **4.3 Hreistur sem erfðasýni**

Gagnasöfn sem geyma hreistursýni af laxi eru enn fremur uppspretta erfðaefnis fiska sem unnt er að nýta til erfðagreininga með örtunglum (e. microsatelites), sem m.a. nýtast til að greina skyldleika stofna og meta erfðablöndun (Nielsen o.fl. 1999). Langar gagnaraðir af hreistursýnum geta því veitt ómetanlegar upplýsingar um breytingar sem kunna að hafa átt sér stað á laxastofnum langt aftur í tímann.

#### **4.4 Niðurstöður og umræður**

Alls bárust 1043 hreistursýni af laxi úr íslenskum veiðiám árið 2021. Sýni komu til greiningar úr 18 ám, flestum á Vesturlandi (tafla 3). Ekki er vitað til þess að lax með hreisturmynstur sem benti til uppruna úr sjókvíaeldi hafi komið fram í sýnunum frá 2021, en endanlegar niðurstöður aldursgreiningar liggja þó ekki fyrir í öllum tilfellum.

Fjöldi hreistursýna sem borist hefur til aldursgreininga úr íslenskum veiðiám hefur dalað nokkuð undanfarin ár. Mikil aukning hefur orðið á fjölda laxa sem sleppt er í stangveiði hérlandis (veitt og sleppt) sem m.a. hefur leitt til þess að færri sýni berast til greiningar, en einnig hefur lægð í laxveiði undanfarin ár átt sinn þátt í fækkun sýna. Veiðimenn eru eindregið hvattir til þess að senda hreistursýni til greiningar á Hafrannsóknastofnun (8. mynd, 12. mynd), sérstaklega ef einhver grunur leikur á að fiskurinn sé ekki af náttúrulegum uppruna. Hvatt er til að átak verði gert í að auka fjölda hreistursýna sem berst til greininga úr íslenskum ám. Auka þarf fræðslu um þær miklu upplýsingar sem hreistursýni veita um lífsferil laxa og auðvelda söfnun með hentugum og aðgengilegum upplýsingum um sýnatökuaðferðir, t.d. með gerð veggspjalda sem aðgengileg eru í veiðihúsum og einnig með gerð rafræns kynningarefnis.

Tafla 3. Yfirlit yfir fjölda aldursgreindra hreistursýna sem safnað var úr ám á Íslandi sumarið 2021.

| Hreistursýni af laxi 2021 |                        |            |
|---------------------------|------------------------|------------|
| Landshluti                | Vatnsfall              | Sýnafjöldi |
| Austurland                | Jökla                  | 30         |
| Austurland                | Miðfjarðará Bakkaf.    | 32         |
| Suðurland                 | Ölfusá                 | 172        |
| Suðurland                 | Þjórsá                 | 112        |
| Suðurland                 | Tungufljót             | 6          |
| Vesturland                | Botnsá                 | 16         |
| Vesturland                | Dunká                  | 83         |
| Vesturland                | Fróðá                  | 9          |
| Vesturland                | Gljúfurá í Borgarfirði | 25         |
| Vesturland                | Hörðudalsá             | 20         |
| Vesturland                | Krossá                 | 10         |
| Vesturland                | Langá á Mýrum          | 165        |
| Vesturland                | Laxá í Dölum           | 49         |
| Vesturland                | Laxá í Hvammssveit     | 38         |
| Vesturland                | Laxá á Skógarströnd    | 45         |
| Vesturland                | Norðurá í Borgarfirði  | 89         |
| Vesturland                | Svínafossá             | 23         |
| Vesturland                | Þverá í Borgarfirði    | 119        |
| Hreistursýni alls 2021    |                        | 1043       |
| Austurland                |                        | 62         |
| Suðurland                 |                        | 290        |
| Vesturland                |                        | 691        |

## 5 Erfðasýni

### 5.1 Inngangur

Erfðablöndun við eldislax getur ógnað villtum laxastofnum þar sem sjókvíaelði á laxi er stundað. Getur það valdið hnignun stofna og minnkað líffræðilegan fjölbreytileika. Frá árinu 2015 hefur Hafrannsóknastofnun safnað erfðasýnum í þeim tilgangi að meta erfðablöndun í ám. Áhersla hefur verið lögð á söfnun erfðasýna á eldissvæðum eða nærri þeim þar sem mesta hættan er á

erfðablöndun. Árlega hefur erfðasýnum verið safnað úr tugum áa en vöktunin nær til áa hringinn í kringum landið líkt og tilgreint er í skýrslum um áhættumat erfðablöndunar (Ragnar Jóhannsson o.fl. 2017; Anon 2020). Árið 2017 birti Hafrannsóknastofnun niðurstöður sem bentu til erfðablöndunar í ám á Vestfjörðum (Leó Alexander Guðmundsson o.fl. 2018). Í sumum tilvikum voru niðurstöðurnar ekki afgerandi og því ljóst að þróa þyrfti nýtt „tól“ til greiningar á erfðablöndun, sérsniðið að íslenskum aðstæðum. Sú vinna hófst árið 2018 með styrk frá Umhverfissjóði sjókvíaeldis og er samstarfsverkefni Hafrannsóknastofnunar, Matís ohf. og norsku náttúrufræðistofnunarinnar (NINA).

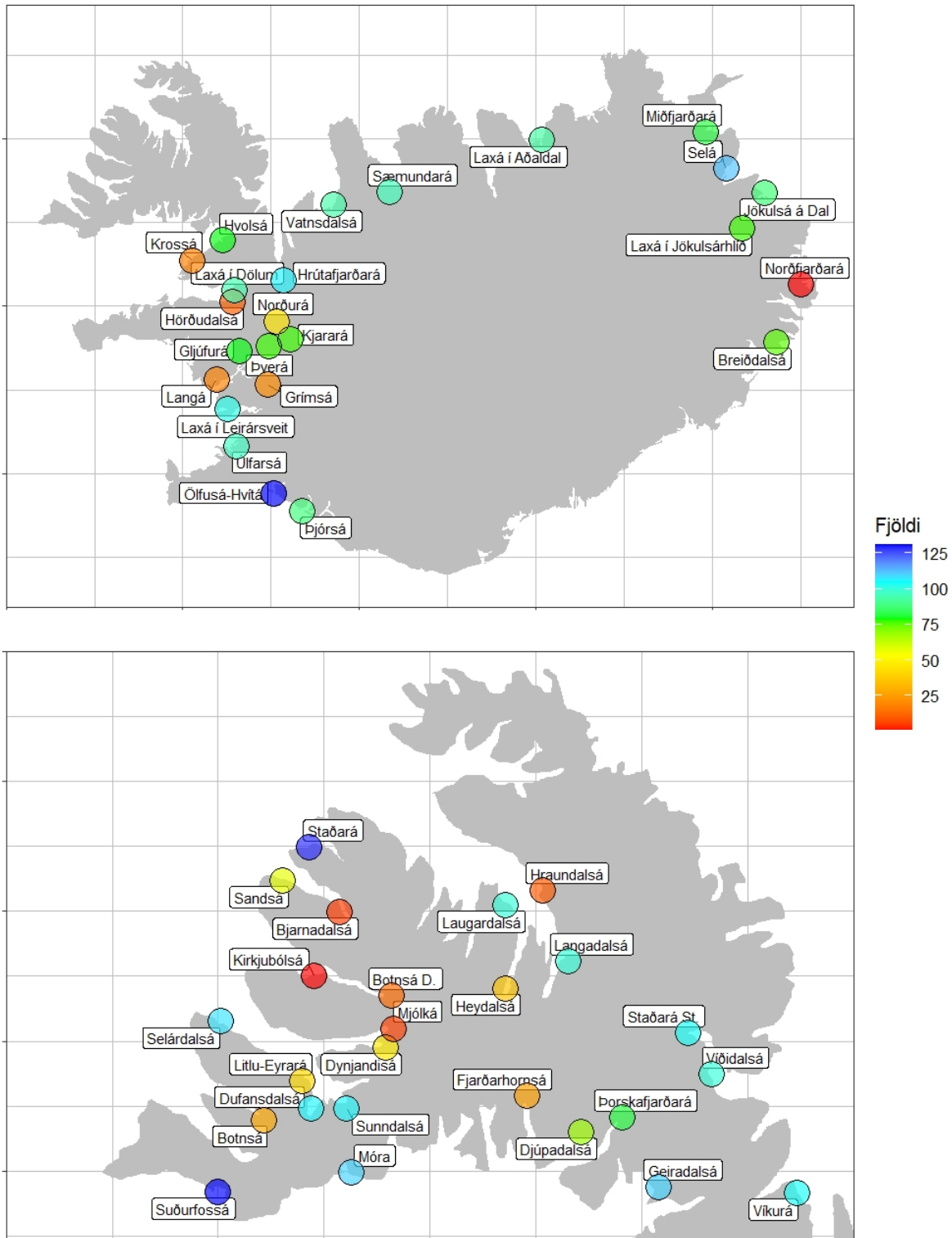
## **5.2 Aðferðir**

Vöktun á erfðablöndun byggir einkum á greiningu erfðaupplýsinga laxaseiða í ám. Laxaseiði voru veidd með rafmagni á einni eða fleiri sýnatökustöðvum í hverri á (ca. 50-1000 m<sup>2</sup> hver sýnatökustöð). Seiðin voru svæfð, lengdar- og þyngdarmæld og lítill bútur af ugga (erfðasýni/lífsýni) var klipptur af og settur í sýnaglas með 96% etanóli. Seiðum var síðan sleppt lifandi að lokinni sýnatöku fyrir utan nokkur seiði af mismunandi stærð. Kvarnir þeirra fiska voru teknar úr til aldursgreiningar og var samband lengdar og aldurs notuð til að áætla aldur annarra seiða á hverri sýnatökustöð. Út frá aldri seiða má áætla hvenær erfðablöndun átti sér stað. Sýnataka erfðasýna var oft unnin samhliða hefðbundnum árlegum seiðamælingum en einnig var farið í sérstaka sýnatökuleiðangra.

Á rannsóknastofu var erfðaeefni einangrað úr lífsýnum og ákveðin erfðamörk mögnuð úr erfðaeefninu (erfðaupplýsingar). Erfðaupplýsingar hvers seiðis var síðan borið saman við erfðaupplýsingar þekktra eldislaxa og villtra laxa og uppruni (t.d. erfðahlutdeild) metinn með þar til gerðum tölfræðiforritum. Með þeim hætti má ákvarða hvort seiði séu undan villtum löxum, eldislöxum eða blendingar villtra laxa og eldislaxa/blendinga.

## **5.3 Niðurstöður**

Árið 2021 var 3557 erfðasýnum af laxaseiðum safnað í 49 ám eða árkerfum (15. mynd). Laxaseiði veiddust á 223 sýnatökustöðvum sem samtals voru tæplega 33.000 m<sup>2</sup> að stærð (viðauki 1). Fyrir tilstuðlan styrks frá Umhverfissjóði sjókvíaeldis var unnt að fara í sérstakan sýnaleiðangur á Vestfirði en annars var erfðasýnataka oftast unnin samhliða seiðamælingum. Stefnt er að því að erfðagreina flest ef ekki öll sýnin á þessu ári.



15. mynd. Staðsetningar erfðasýnatöku á laxaseiðum 2021. Litir hringja tákna fjölda erfðasýna fyrir hverja á. Í viðauka má sjá nákvæman fjölda sýna fyrir hverja á og fjölda sýnatökustöðva.

## 5.4 Umræður

Mikilvægt er að vakta umfang og útbreiðslu erfðablöndunar þannig að unnt sé að meta áhættuna af laxeldi í sjó á hverjum tíma. Vöktun á erfðablöndun getur þannig styrkt stoðir áhættumats erfðablöndunar og þar af leiðandi ráðgjöf til stjórnvalda varðandi leyfilegt eldismagn. Fyrirkomulag vöktunar á erfðablöndun er enn í mótun. Hafrannsóknastofnun vinnur nú að greiningu erfðagagna sýna sem tekin voru 2020 og fyrr, en niðurstöðurnar munu gefa mikilvægar upplýsingar um stöðu erfðablöndunar í íslenskum laxám. Sýnataka og greining sýna frá 2021 er nauðsynleg til að fá betri mynd af stöðunni í tíma og rúmi varðandi möguleg umhverfisáhrif eldis undanfarinna ára og hvernig megi styrkja vöktunina. Ráðleggingar óháðrar vísindanefndar, sem rýndi áhættumat erfðablöndunar og vöktun umhverfisáhrifa (Stefansson o.fl. 2020), eru einnig mikilvægt innlegg í þá vinnu til að bæta þekkingu á áhrifum laxeldis .

## 6 Lokaorð

Hér hafa verið teknar saman niðurstöður árlegrar vöktunar sem gerð til að meta möguleg áhrif laxeldis á villta laxastofna í ám hér á landi. Minna má á markmið laga nr 71/2008 í fiskeldi „*Markmið laga þessara er að skapa skilyrði til uppbyggingar fiskeldis og efla þannig atvinnulíf og byggð í landinu, stuðla að ábyrgu fiskeldi og tryggja verndun villtra nytjastofna. Skal í því skyni leitast við að tryggja gæði framleiðslunnar, koma í veg fyrir hugsanleg spjöll á villtum nytjastofnum og lífríki þeirra og tryggja hagsmuni þeirra sem nýta slíka stofna. Við framkvæmd laganna skal þess ávallt gætt að sem minnst röskun verði á vistkerfi villtra fiskstofna og að sjálfbærri nýtingu þeirra sé ekki stefnt í hættu*“.

Jafnframt er mikilvægt að stjórnun veiðinýtingar villtra laxastofna í ám falli að markmiðum laga um sjálfbæra nýtingu þeirra til framtíðar. Með samræmingu þessara þátta er verið að fylgja fordæmi Norðmanna sem hafa mun lengri reynslu af laxeldi í sjókvíum og rannsóknum á áhrifum þeirra á villta stofna laxfiska sem og annað lífríki. Líkt og kveðið er á um í reglugerð 540/2020 ber að endurskoða áhættumat fyrir laxeldi eigi sjaldnar en á þriggja ára fresti. Því er mikilvægt að auka rannsóknir til að styrkja þann vísindalega grunn sem áhættumatið byggir á líkt og hér er greint frá.

Benda má á að áhættumat erfðablöndunar tekur ekki til áhrifa frá laxalús. Í Noregi eru áhrif laxalúsar, sem fjölgar sér á laxi í sjókvíum, talin helsta ógn við villta laxfiska en það á við lax, sjóbirting og sjóbleikju. Rannsóknir hafa sýnt að laxalús er í talsverðu magni á villtum laxfiskum hér við land, einkum á Vestfjörðum (Margrét Thorsteinsson 2021, Eva Dögg Jóhannesdóttir 2019).

Laxalús hefur einnig valdið vandræðum í laxeldi og eru dæmi um að þörf hefur verið á lyfjameðhöndlun til að halda fjölda hennar í skefjum. Fiskilús hefur einnig valdið vandamálum á laxi í eldiskvíum en minna er vitað um áhrif hennar á villta fiska og færri fordæmi frá öðrum löndum til að byggja á. Mikilvægt er að auka rannsóknir á laxalús og fiskilús hér á landi og áhrifum þeirra bæði í sjókvíum og á villtum fiskum svo finna megi leiðir til að lágmarka skaðsemi af þeirra völdum.

Hreistursýni af laxi gefa mikilvægar upplýsingar um lífssögu og erfðir fiska og þannig mikilvægur þáttur af vöktun villtra laxastofna. Fjöldi hreistursýna sem borist hefur til greiningar úr íslenskum veiðiám hefur dalað undanfarin ár og skýrist það að einhverju leyti af lægð í laxveiði og aukningu á veiða/sleppa. Gera þyrfti átak í að snúa þessari þróun við og auka fræðslu um mikilvægi þess að hreistursýni berist til greiningar, t.d. með aðgengilegum leiðbeiningum á veggspjöldum í veiðihúsum landsins.

Fiskeldi í sjókvíum er í miklum vexti hér við land og mikilvægt að hafa í huga að auknum umsvifum geta fylgt aukin vandamál tengdum eldinu og áhrifum þess á villta stofna laxfiska hér á landi. Uppkoma veirusjúkdómsins blóðþorra á nýliðnu ári í fyrsta skiptið hér á landi sýnir mikilvægi þess að sofna ekki á verðinum. Öflugt regluverk og eftirlit þarf til að eiga möguleika á að lágmarka þá áhættu sem fylgir sjókvíaeldi. Það er bæði lífríki og fiskeldi í hag að þessi mál haldist í góðu horfi.

Tilgangur þessarar samantektar er að auka upplýsingagjöf til almennings og gera niðurstöður vöktunar Hafrannsóknastofnunar á áhrifum sjókvíaeldis á villta stofna laxfiska sýnilegri. Vonast er eftir sem bestu samstarfi við bæði þá sem stunda laxeldi og þá sem bera ábyrgð á nýtingu villtra stofna laxfiska.

## 7 Heimildir

- Anon. (2020). *Hætta á göngu strokulaxa úr laxeldi í íslenskar laxveiðir*. Tækniskýrsla Hafrannsóknastofnunar. 41 bls.
- Ársskýrsla dýralæknis fisksjúkdóma. (2021). Matvælastofnun. 61 bls.
- Ásta Kristín Guðmundsdóttir og Sigurður Már Einarsson. (2021). *Fiskirannsóknir á vatnasvæði Laxár í Leirársveit*. Haf- og vatnarannsóknir. HV 2021-12. 31 bls.
- Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson. (2021). *Fiskrannsóknir á vatnasvæði Þjórsár árið 2020*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-15. 40 bls.
- Borgar Páll Bragason. (2005). *Veiða/sleppa. Endurveiði, far og tími á milli veiða*. BS 120-ritgerð við Landbúnaðarháskóla Íslands. 55 bls.
- Boxaspen, K. (2006). A review of the biology and genetics of sea lice. *Journal of Marine Science*, 63: 1304-1316.
- Chelsey M. Karbowski, Bengt Finstad, Niklas Karbowski, Richard D. Hedger. (2019). Sea lice in Iceland: assessing the status and current implications for aquaculture and wild salmonids. *Aquaculture environment interactions*, 11: 149-160. <https://doi.org/10.3354/aei00302>
- Authie, E., Berg, C., Bøtner, A., Browman, H., Capua, I., de Koeijer, A., ... & Zientara, S. (2012). Scientific Opinion on infectious salmon anaemia (ISA). *EFSA Journal*, 10(11), 2971.
- Eva Dögg Jóhannesdóttir. (2019). *Sea lice infestation on wild salmonids in the southern part of the Icelandic Westfjords*. MSc prófritgerð við Háskólann á Hólum. 47 bls.
- Fjola Rut Svavarsdóttir, Leó Alexander Guðmundsson, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Már Einarsson, Guðni Guðbergsson, Ragnar Jóhannsson og Hlynur Bárðarson. (2020). *Samantekt vöktunar vegna áhrifa sjókvíaldis á íslenska laxastofna 2020*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-39. 24 bls.
- Friðþjófur Árnason og Fjola Rut Svavarsdóttir. (2020). *Vöktun á stofnum laxfiska í Úlfarsá 2019*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2020-39. 23 bls.
- Guðmunda B. Þórðardóttir og Guðni Guðbergsson. (2021). *Lax- og silungsveiðin 2020*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-35. 40 bls.
- Guðni Guðbergsson og Sigurður Már Einarsson. (2003). *Hlutfall merktra laxa sem sleppt var og veiddust oftar en einu sinni í íslenskum ám sumarið 2003*. Veiðimálastofnun VMST-R/0410. 9 bls.
- Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson. (1996). *Fiskar í ám og vötnum*. Landvernd, Reykjavík 191 bls.
- ICES. (2011). Report of the Workshop on Age determination of Salmon (WKADS), 18-20 January 2011, Galway Ireland. ICES CM 2011/ACOM: 44 67 pp
- Hlynur Bárðarson, Sigurður Óskar Helgason, Eydís Njarðardóttir og Friðþjófur Árnason. (2022). *Rannsóknir á fiskistofnum nokkurra áa á Norðausturlandi 2021*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2022-13. 116 bls.
- Ingibjörg G. Jónsdóttir og Guðrún G. Þórarinsdóttir. (2019). *Lyf gegn laxalús: virkni, áhrif og notkun*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2019-56. 22 bls.
- Ingi Rúnar Jónsson og Sigurður Már Einarsson. (Í handriti). *Laugardalsá 2021. Seiðarannsóknir, stangaveiði og göngufiskur*. Haf- og vatnarannsóknir.
- Ingi Rúnar Jónsson, Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson. (2008). *Stofnstærð lax (Salmo salar) og bleikju (Salvelinus alpinus) í samhengi við veiði*. Icel. Agric. Sci. 21: 61-68.
- Leó Alexander Guðmundsson, Hlynur Bárðarson og Sigurður Óskar Helgason. (2018). *Greining á mögulegum eldisuppruna 12 laxa sem veiddust í tveimur ám á Vestfjörðum árið 2017*. Kver Hafrannsóknastofnunar. KV 2018-3, 3 bls.

- Leó Alexander Guðmundsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Jóhannes Guðbrandsson og Sigurður Már Einarsson. (2017). *Erfðablöndun eldislaxa af norskum uppruna við íslenska laxastofna*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2017-031, 31 bls.
- Magnús Jóhannsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Eydis Salome Eiríksdóttir og Benóný Jónsson. (2018). *Vatnspurrð í Grenlæk 2016. Áhrif á lífríki í vatni*. Haf- og vatnarannsóknir, HV2018-43. 43 bls.
- Margrét Thorsteinsson. (2021). *Vöktun sjávarlúsa á villtum laxfiskum á Vestfjörðum og á Eskifirði 2020*. Náttúrustofa Vestfjarða. NV nr.16-21. 94 bls.
- Matvælastofnun. (2021). *Gat á sjókví í Arnarfirði* - Uppfært 8.11.2021. Sótt 15.05.2022 af <https://www.mast.is/is/um-mast/frettir/frettir/gat-a-sjokvi-i-arnarfirdi>
- Matvælastofnun. (2022a). Sótt 11.05.2022 af <https://www.mast.is/is/maelabord-fiskeldis>.
- Matvælastofnun. (2022b). *Skimanir vegna smitsjúkdóma í dýrum*. Skýrsla Matvælastofnunar. 40 bls.
- Nielsen, E.E., Hansen, M.M. and Loeschcke, V. (1999). Analysis of DNA from old scale samples; technical aspects, applications and perspectives for conservation. *Hereditas* 130: 265-276. Lund, Sweden. ISSN 0018-0661.
- Ragnar Jóhannsson, Sigurður Guðjónsson, Agnar Steinarsson og Jón Hlöðver Friðriksson. (2017). *Áhættumat vegna mögulegrar erfðablöndunar milli eldislaxa og náttúrulegra laxastofna á Íslandi*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2017-027. 38 bls.
- Rakel Guðmundsdóttir, Sólveig R. Ólafsdóttir, Hjalti Karlsson, Stefán Áki Ragnarsson. (2020). *Umhverfisáhrif sjókvíaeldis – Mælingar á efnaferlum í seti íslenskra fjarða*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2020-42. 34 síður.
- Sigurður Már Einarsson. (2021). *Vöktunarrannsóknir laxfiska í Langadalsá 2020*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2021-29. 23 bls.
- Sigurður Már Einarsson, Jóhannes Guðbrandsson og Ásta Kristín Guðmundsdóttir. (2020). *Viðmiðunarmörk hrygningar í Krossá á Skarðsströnd*. Haf- og vatnarannsóknir, HV 2020-03. 42 bls.
- Stefansson, G., McAdam, B.J. og Glover, K.A. (2020). Report of the independent committee reviewing the methodology, risk assessments and aquaculture carrying capacity analyses performed by the Marine and Freshwater Research Institute in Iceland.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning. (2020). *Status for norske laksebestander i 2020*. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 15, 147 s.
- Whelan, K. F. (2010). A review of the impacts of the salmon louse, *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer, 1837) on wild salmonids. *Atlantic Salmon Trust*. 1–27 pp.
- Þórólfur Antonsson og Sigurður Guðjónsson. (2002). Variability in Timing and Characteristics of Atlantic Salmon Smolt in Icelandic Rivers. *Transactions of the American Fisheries Society* 131:643-655.

Viðauki 1. Yfirlit yfir sýnatöku erfðasýna á laxaseiðum 2021 vegna rannsókna á erfðablöndun.

| Landsvæði     | Vatnsfall          | Fjöldi<br>sýnatökustöðva | Flatarmál<br>rafveiðisv. (m2) | Fjöldi<br>erfðasýna | Landsvæði      | Vatnsfall           | Fjöldi<br>sýnatökustöðva | Flatarmál<br>rafveiðisv. (m2) | Fjöldi<br>erfðasýna |
|---------------|--------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Suðvesturland | Úlfarsá            | 6                        | 552                           | 101                 |                | Kirkjubólssá        | 1                        | 126                           | 1                   |
|               | Laxá í Leirársveit | 8                        | 890                           | 106                 |                | Botnsá D.           | 1                        | 206                           | 13                  |
| Vesturland    | Grímsá             | 5                        | 764                           | 24                  |                | Sandsá              | 3                        | 322                           | 57                  |
|               | Þverá              | 6                        | 937                           | 81                  |                | Þjarnadalsá         | 1                        | 176                           | 5                   |
|               | Kjarará            | 5                        | 845                           | 81                  |                | Staðará             | 3                        | 133                           | 129                 |
|               | Norðurá            | 10                       | 1685                          | 48                  |                | Laugardalsá         | 5                        | 676                           | 100                 |
|               | Gljúfurá           | 4                        | 683                           | 83                  |                | Heydalsá            | 1                        | 40                            | 36                  |
|               | Langá              | 4                        | 578                           | 21                  |                | Langadalsá          | 6                        | 1301                          | 100                 |
|               | Hörðudalsá         | 2                        | 338                           | 14                  |                | Hraundalsá          | 2                        | 284                           | 10                  |
|               | Laxá í Dölum       | 7                        | 829                           | 99                  |                | Staðará St.         | 4                        | 422                           | 104                 |
|               | Krossá             | 3                        | 490                           | 21                  |                | Víðidalsá           | 3                        | 410                           | 100                 |
|               | Hvolsá             | 3                        | 448                           | 83                  | Norðurland     | Víkurlá             | 3                        | 464                           | 104                 |
| Vestfirðir    | Geiradalsá         | 4                        | 641                           | 110                 |                | Hrútafjarðará       | 2                        | 1327                          | 110                 |
|               | Þorskafjarðará     | 4                        | 403                           | 82                  |                | Vatnsdalsá          | 8                        | 1085                          | 98                  |
|               | Djúpadalsá         | 2                        | 714                           | 68                  |                | Sæmundará           | 7                        | 792                           | 100                 |
|               | Fjarðarhornssá     | 2                        | 368                           | 26                  |                | Laxá í Aðaldal      | 5                        | 633                           | 97                  |
|               | Móra               | 4                        | 1210                          | 110                 | Austurland     | Miðfjarðará         | 5                        | 891                           | 86                  |
|               | Suðurfossá         | 4                        | 795                           | 131                 |                | Selá                | 5                        | 648                           | 116                 |
|               | Botnsá             | 5                        | 508                           | 28                  |                | Laxá í Jökulsárhlíð | 2                        | 439                           | 81                  |
|               | Selárdalsá         | 4                        | 287                           | 108                 |                | Jökulsá á Dal       | 9                        | 1793                          | 91                  |
|               | Litlu-Eyrará       | 4                        | 389                           | 42                  |                | Norðfjarðará        | 3                        | 565                           | 4                   |
|               | Dufansdalsá        | 3                        | 487                           | 106                 |                | Breiðdalsá          | 5                        | 1349                          | 56                  |
|               | Sunnudalsá         | 5                        | 549                           | 106                 | Suðurland      | Þjórsá              | 11                       | 671                           | 92                  |
|               | Dýmjandisá         | 1                        | 186                           | 47                  |                | Ölfusá-Hvítá        | 22                       | 2368                          | 135                 |
|               | Mjólká             | 1                        | 128                           | 6                   | <b>Samtals</b> | <b>49</b>           | <b>223</b>               | <b>32824</b>                  | <b>3557</b>         |



# **HAFRANNSÓKNASTOFNUN**

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna