

## Skýrsla

### **sjávarútvegs- og landbúnaðarráðherra um niðurstöður óháðrar nefndar um athugun á aðferðarfræði, áhættumati og greiningum á fiskeldisburðarþoli á vegum Hafrannsóknastofnunar.**

Á 149. löggjafarþingi lagði Kristján Þór Júlíusson, sjávarútvegs- og landbúnaðarráðherra, fram frumvarp til laga um breytingu á ýmsum lagaákvæðum sem tengjast fiskeldi (áhættumat erfðablöndunar, úthlutun eldissvæða, stjórnvaldssektir o.fl.). Frumvarpið var samþykkt á Alþingi þann 20. júní 2019. Samkvæmt ákvæði til bráðabirgða g. (VII.) skv. 24. gr. laga nr. 101/2019 var ráðherra falið að skipa nefnd þriggja óvilhallra vísindamanna á sviði fiskifræði, stofnerfðafræði og/eða vistfræði til að rýna aðferðafræði sem Hafrannsóknastofnun notar við mat á burðarþoli og við gerð áhættumats. Ráðherra skipaði nefndina 9. mars 2020 og var Gunnar Stefánsson prófessor í tölfærði við Háskóla Íslands skipaður formaður hennar. Auk Gunnars voru skipaðir í nefndina þeir Kevin Glover, forsvarsmaður stofnerfðafræðihóps norsku hafrannsóknastofnunarinnar og dósent við Háskólann í Bergen og Bruce McAdam sem kennir vistfræðilega líkanagerð við fiskeldisstofnun Háskólans í Stirling í Skotlandi. Nefndin skilaði skýrslu á ensku til ráðherra þann 21. maí 2020 og var hún í kjölfarið þýdd á íslensku. Með bréfi þann 2. júní 2020 óskaði ráðherra eftir viðbrögðum Hafrannsóknastofnunar við skýrslunni og barst svar stofnunarinnar þann 6. júlí 2020.

Meðfylgjandi er skýrsla vísindamannanna um ofangreint málefni og viðbrögð Hafrannsóknastofnunar við henni.

## **Skýrsla**

**óháðrar nefndar um athugun á aðferðafræði, áhættumati og greiningum á fiskeldisburðarþoli á vegum Hafrannsóknastofnunar**

Gunnar Stefánsson (formaður)  
Bruce J. McAdam  
Kevin A. Glover

21. maí 2020

**Efnisyfirlit:**

1.	Ítarleg samantekt.....	2
2.	Bakgrunnur.....	4
2.1	Nefndarmenn í óháðu nefndinni og starfsaðferðir.....	4
2.2	Skammstafanaskrá.....	4
2.3	Erindisbréf og uppbygging skýrslunnar .....	4
3.	Almennar athugasemdir um áhættumat.....	5
4.	Mat á strokufisks- og innblöndunarlíkaninu og tengdum vöktunaráætlunum.....	6
4.1	Stutt lýsing á innblöndunarlíkaninu .....	6
4.2	Almennar athugasemdir við aðferðarfræði líkansins.....	6
4.3	Nánara mat á breytunum í líkaninu .....	6
5.	Mat á starfinu varðandi lífrænt burðarþol .....	14
5.1	Lýsing og mat á starfinu varðandi burðarþol .....	14
5.2	Viðmið.....	16
5.3	Forsendur í eðlisfræði- og líffræðihluta líkansins .....	16
5.4	Breytileiki og frávik frá ári til árs.....	16
5.5	Mat á umhverfisáhrifum.....	16
5.6	Framsetning líkansins og niðurstaðna .....	17
6.	Heimildir sem vísað er til.....	18

## 1. Ítarleg samantekt

### Stutt bakgrunnslýsing

Eldi á atlantshafslaxi mun fara vaxandi á Íslandi. Til að bregðast við þeirri þróun hefur Hafrannsóknastofnun verið falið að ráðast í mat á umhverfisáhrifum af (1) álagi af völdum lífrænna efna frá fiskeldi (áætlanir á burðarþoli fjarða) og (2) hættu á erfðablöndun stökulax við villta stofna samkvæmt líkönum um áhættu af innblöndun (veru) stökulaxa úr fiskeldisstöðvun við innlenda laxastofna. Það er skilningur nefndarinnar að vinna Hafrannsóknastofnunar sé liður í lagningu grunns að upplýstri ákvarðanatöku stjórnámálanna varðandi frekari reglusetningu og þróun fiskeldis sem atvinnugreinar á Íslandi.

Í mars 2020 var farið fram á það við sjálfstæða og óháða vísindanefnd skipaða þremur vísindamönnum af hálfu sjávarútvegsráðherra að taka til starfa samkvæmt erindisbréfi þar sem fram kemur að m.a.: *Hlutverk nefndarinnar er að fara yfir þá aðferðafræði sem Hafrannsóknastofnun beitir í störfum sínum að burðarþolsmati íslenskra fjarða og að áhættumati vegna erfðablöndunar við villta laxastofna.* Til þess að greiða fyrir þessari vinnu voru nefndinni afhent til skoðunar ýmis skjöl sem unnin höfðu verið af Hafrannsóknastofnun, þar sem lýst er vinnu stofnunarinnar og niðurstöðum varðandi framangreind tvö viðfangsefni. Í þessu skjali eru teknar saman niðurstöður og vísindalegt álit vísindamanna þriggja sem mynda vísindanefndina. Nefndin hefur lagt mat á aðferðafræði Hafrannsóknastofnunar en ekki á ráðleggingar stofnunarinnar varðandi framleiðslumagn þar sem slíkar ráðleggingar eru settar fram. Nánar tiltekið, eru ekki í skýrslu þessari lagðar til breytingar á framleiðslumagni í fiskeldi á Íslandi, né heldur eru gerðar tillögur um framleiðslumagn. Þannig höfum við ekki vottað neinar af þeim áætlunum sem nú eru í gildi.

### *Samantekt nefndarinnar – almennar athugasemdir*

Laxeldi í kvíum vekur ýmiss konar álitamál varðandi umhverfissjálfbærni. Í stuttu máli varða þessi álitæfni meðal annars áskoranir á borð við stökulax, sjúkdóma og lús og tengsl þeirra, notkun og velferð hreinsifisks (varnarfisks), áhrif á staðbundna fiskstofna, svo og efna- og lyfjaúrgang og lífrænan úrgang sem fer út í vatnsmassann um kring, svo eitthvað sé nefnt. Vísindanefndin hefur bent á að rannsóknir Hafrannsóknastofnunar í núverandi formi fela þannig ekki í sér heildarmat á mögulegum umhverfisáhrifum stækkandi fiskeldisgreinarinnar á Íslandi, heldur mat á tveimur tilteknum áhrifaþáttum.

Við mælum þannig með að framtíðarvinna taki mið af öðrum hugsanlegum umhverfismálum til þess að ná fram viðtækara mati á umhverfissjálfbærni og burðarþoli. Ef litið væri til annarra helstu laxeldisþjóða, t.d. Noregs, mætti fá vísbendingar um hvaða önnur viðfangsefni ætti að íhuga og síðar laga að sérstökum aðstæðum (framleiðslu og umhverfi) á Íslandi.

### *Samantekt nefndarinnar – athugasemdir varðandi stökufisk og erfðablöndunarlíkan*

Erfðablöndun stökufisks úr eldisstöðvum við villta laxastofna er eitt veigamesta langtíma umhverfismálið sem tengist laxeldi. Hjá öðrum laxeldisþjóðum, þar sem þetta hefur verið rannsakað, hefur verið sýnt fram á erfðablöndun stökufisks úr eldisstöðvum í mörgum laxveiðiám, og er litið á það sem áhættu fyrir erfðahreininleika og framtíðarviðgang þessara stofna. Öll fyrirbyggjandi gögn benda til þess að stökulax sé líklegur til þess að vera áhættuþáttur á Íslandi líka. Það er því heppilegt, að mati nefndarinnar, að Hafrannsóknastofnun skuli hafa hugað gaumgæfilega að þessu viðgangsefni.

Hafrannsóknastofnun hefur þróað líkan sem vísindanefndin telur nýstárlegt og nytsamlegt til þess að leggja mat á áætlaðan fjölda laxa sem kunni að sleppa út í náttúruna og finna sér leið upp í ár. Stofnunin hefur parað niðurstöður líkansins og framleiðslustig hinna ýmsu eldisstöðva og fjarða við viðmiðunarmörkin lágt (0-4%), hóflegt (4-10%) og hátt (>10%) hlutfall stökufisks sem ratar í ár. Almenn þynging líkanið á safni samtengdra lykilkáttanna, sem vitað er að hafa áhrif á tölu stökufiska sem líklegt er að gangi í ár eftir flóttu. Þótt allar breyturnar sem notaðar eru séu háðar óvissu, eins og alltaf verður raunin í framtaki af þessu tagi, eru breyturnar sem valdar voru í líkanið að mestu vel skjalfestar, þeim er rétt beitt og þær stikaðar með gildum úr fræðiritum og/eða viðeigandi heimildum. Engu að síður bendum við á mögulegar umbætur á líkaninu, m.a. fínstillingu nokkurra breyta, upptöku slembibreyta og með því að taka með í reikninginn ár með villta hrygningarstofna <60 fullvaxna fiska á ári. Ennfremur þarf að huga vandlega að 04%, 4-10% og >10% viðmiðunarmörkunum, sem fengin eru frá Noregi, í ljósi þess að eldislax sem alinn er á Íslandi er norskur að uppruna og þess vegna hugsanlega meiri ógn við innlenda stofna eftir innblöndun.

Eftir því sem gögn safnast úr íslensku eldi verður hægt að nota þau gögn í líkanið til að auka nákvæmni þess.

Tengd líkaninu var lýsing á vöktunar- og mótvægisáætlunum sem komið hefur verið á eða verður komið á innan tíðar. Nefndin hefur bent á að þótt gripið hafi verið til nokkurra vöktunaraðgerða, svo sem vöktunar með myndavélum, erfðarannsóknna á grunuðum stökulaxi sem veiddur er af stangveiðimönnum og erfðasýnatöku í því skyni að áætla innblöndun stökufisks við villta stofna, virðast þessar aðgerðir takmarkaðar að umfangi og mætti bæta þær upp með viðameiri ráðstöfunum.

Þá er rétt að taka fram að mildunaraðgerðir gegn þessum mögulegu áhrifum fiskeldis þurfa að eiga sér stað á nokkrum vígstöðvum, þar með talið (A) með því að draga úr fjölda stökufiska og/eða beita tækni sem hugsanlega dregur úr líkum þess að stökufiskur lifi af og gangi í ár eftir flóttann, (B) með því að taka upp virkar aðgerðir til þess að fjarlægja stökufisk úr ám fyrir hrygningu og (C) með því að koma á tálum við æxlun með því að rækta ófrjóan fisk. Um er að ræða almennar aðgerðir, sem ekki eiga sérstaklega við um Ísland.

### ***Samantekt nefndarinnar – athugasemdir varðandi vinnu við burðarþol og lífrænt úlag***

Umhverfisþættir setja skorður við umfangi þess fiskeldis sem unnt er að heimila. Hafrannsóknastofnun hefur verið fengið það hlutverk að áætla burðarþol sérhvers þeirra fjarða (á Vestfjörðum og Austfjörðum) þar sem laxeldi kann að þróast. Burðarþolið er sá hámarkslífmassi (tonn af fiski) sem unnt er að heimila án þess að hætta sé á hnignun umhverfisins. Súrefni, staða næringarefna og vistfræði sjávarbotnsins voru þeir þættir sem Hafrannsóknastofnun kannaði til að ákvarða burðarþol og við áætlun á burðarþoli þurfti að halda öllum þáttum innan tilgreindra marka þeirra, í samræmi við svonefnda „allt eða ekkert“ meginreglu.

Hafrannsóknastofnun notaði umhverfislíkan, sem til var fyrir og nefnist ACEXR-LESV, til þess að áætla möguleg áhrif fiskeldis á umhverfið. Líkanið sýnir hvernig lífrænn úrgangur frá fiskeldisstöðvun berst með straumum og er tekinn upp með lífrænum og straumfræðilegum ferlum í fjörðum. Nefndin vekur athygli á því að líkanið var upphaflega smíðað og prófað með gögnum úr skoskum sjávarlónum (e. sea loch) sem svipar að einhverju leyti til íslenskra fjarða, en við ráðleggjum Hafrannsóknastofnun að sannprófa líkanið á gögnum sem safnast í íslenskum fjörðum og birta þær niðurstöður í ritrýndum tímaritum. Ennfremur ætti að gera ítarlegri upplýsingar aðgengilegar um þau viðmiðunargildi sem valin eru fyrir

umhverfisbreytur, áætlað burðarþol hvers fjarðar og áætluð áhrif á hvern fjörð ef farið er út fyrir það burðarþol.

Burðarþolslíkönin eru ekki nægilega ítarleg til þess að ná yfir upplýsingarnar um hverja eldisstöð. Til að mynda er þess ekki getið nákvæmlega hvar í tilteknum firði eldisstöð kunni að vera staðsett. Ennfremur nær líkanið sem notað er ekki yfir öll áhrif fiskeldis á umhverfið. Mikilvægt er að mati nefndarinnar að einungis sé lítið á burðarþol sem fyrsta skref í áætlanagerð um fiskeldi og að umsóknum um rekstrarleyfi fylgi nákvæmara umhverfismat.

## 2. Bakgrunnur

### 2.1 Nefndarmenn í óháðu nefndinni og starfsaðferðir

Í óháðu nefndinni sátu eftirtaldir nefndarmenn.

Gunnar Stefánsson (formaður), prófessor í tölfraði við Háskóla Íslands.

Bruce McAdam, lektor í umhverfislíkanagerð við fiskeldisstofnun Háskólans í Stirling í Skotlandi.

Kevin A. Glover, stjórnandi rannsóknarteymis við Hafrannsóknastofnun Noregs og adjúntk í erfðafræðum við Háskólann í Björgvin í Noregi.

Nefndin hefur byggt vinnu sína á reglulegum fjarfundum, fyrirspurnarfundum með starfsmönnum Hafrannsóknastofnunarinnar, sem hafa komið að gerð áhættumatsins og líkanagerðinni, svo og með aðskildum störfum nefndarmanna. Vinnan fór fram á tímabilinu 16. mars til 21. maí 2020. Þetta skjal er endanleg afurð vinnunnar. Skýrt er frá gögnum sem lagt var mat á hér fyrir neðan.

Allir nefndarmenn hafa starfað sem sjálfstæðir og óháðir hlutlausir matsaðilar, og þess vegna endurspeгла álit og sjónarmið nefndarinnar í þessari skýrslu ekki álit stofnananna sem nefndarmenn tilheyra. Né heldur hefur nein stofnun nefndarmanna vottað eða á nokkurn hátt haft áhrif á skýrslu þessa.

### 2.2 Skammstafanaskrá

[Ekki eru notaðar skammstafanir í íslensku þýðingunni]

### 2.3 Erindisbréf og uppbygging skýrslunnar

Farið hefur verið fram á við nefndina að hún fjalli um eftirfarandi atriði, sem sett voru fram í bréfi til allra nefndarmanna frá sjávarútvegsráðherra.

***Hlutverk nefndarinnar er að fara yfir þá aðferðafræði sem Hafrannsóknastofnun beitir í störfum sínum við mat á burðarþoli íslenskra fjarða og við áhættumat vegna erfðablöndunar við villta laxastofna.***

Með framangreindu erindisbréfi hafa eftirfarandi gögn verið látin nefndinni í té til mats:

Ótilgreindur höfundur. 2020a. Risk of intrusion of farmed Atlantic salmon into Icelandic salmon rivers. Matsskýrslur Hafrannsóknastofnunar 2020. 56 bls.

Ótilgreindur höfundur. 2020b. Monitoring of farming of Atlantic salmon in sea. Tækniskýrsla, 2bls.

Ótilgreindur höfundur. 2020c. Preventive measures. Tækniskýrsla, 2 bls.

Ólafsdóttir, S. R. og Macrander, A. (2020). On the estimation of carrying capacity at MFRI. Tækniskýrsla, 9 bls.

### Uppbygging skýrslunnar

Í þessari skýrslu nefndarinnar er eilítið vísað beint í fræðilegar heimildir. Við höfum ekki ráðist í alhliða rýni á fræðiritum um þá áhrifaþætti sem kunna að skipta máli að því er varðar

erindisbréfið, en við höfum notað tiltekna lykiltvitnanir til þess að skýra tiltekin atriði sem að jafnaði eru talin skipta máli, þegar og ef við á. Tilvísunum hefur engu að síður verið haldið í lágmarki í þágu læsileika. Við höfum einnig forðast að styðjast við fræðilega hugtakanotkun þegar það er viðeigandi og mögulegt, einnig í þágu læsileika. Þeim lesendum sem vilja nálgast alhliða yfirlit yfir þekkingu á strokulaxi í náttúrunni og samspil hans við villtan fisk af sömu tegund er bent á nýlega yfirlitsgrein [1]. Frekari alhliða yfirlit yfir áhættumat varðandi laxeldi almennt í Noregi má finna í [2-5].

Skýrslu þessari er skipti í þrjá meginhluta. Fyrst eru almennar athugasemdir varðandi heildarnálgunina að því að meta sjálfbærni fiskeldis á Íslandi (**3. hluti**), þá fylgir ítarlegt mat á líkaninu sem Hafrannsóknastofnun hefur sett saman til þess að meta áhættuna af blöndun strokufisks við villta stofna um allt Ísland (**4. hluti**) og í þriðja lagi er mat á burðarþolslíkaninu og útreikningum sem Hafrannsóknastofnun studdist við til þess að áætla lífrænt burðarþol fjárða (**5. hluti**).

Mikilvægt er að hafa í huga að nefndin hefur metið aðferðafræði Hafrannsóknastofnunar, en ekki ráðleggingar stofnunarinnar um framleiðslumagn þegar slíkum ráðleggingum var til að dreifa. Nánar tiltekið höfum við ekki lagt til breytingar eða ráðleggingar um fiskeldisframleiðslumagn á Íslandi. Þannig höfum við ekki vottað neinar af þeim áætlunum um magn, sem nú eru í gildi.

### 3. Almennar athugasemdir um áhættumat

Í gögnum þeim sem nefndin hefur undir höndum hefur Hafrannsóknastofnun stuðst við tvo áhættuþætti, þ.e. strokufisk sem sýnir merki um erfðablöndun við villta stofna, og svo ofauðgun næringarefna í eldisfjörðum, til þess að meta áhættu og burðarþol vegna laxeldis í sjó við Ísland. Þótt ekki hafi verið farið fram á það sérstaklega við nefndina í erindisbréfinu til hennar að hún mæti hvort áhættuþættirnir sem valdir voru feli í sér alhliða og viðeigandi mat á umhverfisfótspori vaxandi fiskeldis á Íslandi höfum við engu að síður sett fram nokkrar almennar hugleiðingar um það mál hér fyrir neðan.

Fiskeldi, og þar með talið eldi laxfiska í opnum kvíum í hafrými, veldur ýmiss konar álagi á vistkerfið um kring. Vandkvæðin varðandi umhverfissjálfbærni eru af ýmsum toga og má þar nefna þætti á borð við baráttu um heimkynni, víxlverkun milli eldisstöðva og annarra sjávarauðlinda, svo sem villta fiskstofna, strokufisk sem getur haft vistfræðileg áhrif (mögulegt sjúkdómsmit, samkeppni um fæðu o.fl.) og erfðafræðileg áhrif (þ.e. genablöndun og kynblöndun) á villta laxastofna, áhrif á botnlög sjávar og almenn ofnæring, notkun hreinsifiska með ýmiss konar hliðaráhrifum, notkun efna og lyfja, svo og lýs, sem geta lagst bæði á eldisfisk og villtan fisk.

Norðmenn eru stærstu framleiðendur eldislax í heimi og því má halda fram að Noregur sé það land þar sem áhættumat og mat á umhverfisáhrifum þeirra greinar eru hvað lengst komin. Í Noregi framkvæmir norska Hafrannsóknastofnunin árleg áhættumat á fiskeldi, einkum og sér í lagi á umhverfislegri sjálfbærni fiskeldis [2-4]. Í þessu árlega áhættumati er farið yfir flest það samspil sem vitað er að eigi sér stað milli fiskeldis og umhverfisins og er þar bent á lýs, sem í sumum héruðum Noregs geta leitt til dánartíðni hjá villtum laxi og sjóbirtingsseiðum umfram „bakgrunnsgildi,“ og alinn strokufisk sem blandast við annan fisk af sömu tegund, sem tvo helstu áhættuþættina. Sem stendur felst eftirlit með fiskeldi meðal annars í svonefndu „umferðarljósakerfi“ á héraðsvísu, þar sem lús er gefin til kynna með litunum grænt, gult og rautt. Aðrir hópar tilgreina strokufisk og erfðablöndun sem meira vandamál en lús í Noregi [5] vegna mögulegra langtímaáhrifa af innblöndun.

Miðað við þessar bakgrunnsupplýsingar frá Noregi telur nefndin það athyglisvert að sem stendur skuli mat á hugsanlegum áhrifum fiskeldis á umhverfið á Ísland einskorðast við strokufisk og lífræna mengun. Öðrum þáttum umhverfislegrar sjálfbærni sem leiddir hafa verið í ljós með skýrum hætti, ekki aðeins í Noregi, heldur einnig í öðrum fiskeldislöndum svo sem Skotlandi og Chile, svo einhver lönd séu nefnd, virðist lítil gaumur gefinn. Nefndin leggur því til að við frekari áhættumat á Íslandi verði tekið tillit til fleir áhættuþátta en þeirra sem lagðir voru fyrir nefndina og eru metnir hér af nefndinni.

#### 4. Mat á strokufisks- og innblöndunarlíkaninu og tengdum vöktunaráætlunum

##### 4.1 Stutt lýsing á innblöndunarlíkaninu

Hafrannsóknastofnun hefur smíðað og notað líkan til þess að meta áhættu af innblöndun, þ.e.a.s. tilvist eldisfisks innan um villtan hrygningarlax í íslenskum laxám. Líkanið er byggt á safni samtengdra lykilþátta, sem er lýst í heild sinni í skjalinu sem fengið var til úttektar. Hér fyrir neðan er lagt mat á marga (en ekki alla) þessa lykilþætti líkansins, þar með talið styrkleika þeirra og veikleika. Í stuttu máli spáir líkanið líklegum fjölda eldisfiska sem ganga í hverja þá íslenska á þar sem er að finna villtan hrygningarlaxastofn með að meðaltali 60 einstaklinga á hverju ári og notar til þess nokkrar breytur svo sem strokutíðni á hverja lífmassaeiningu, dreifingu og lifunarhlutfall eldisfisks, svo og stærð villtra stofna. Þessar spátölur (tíðni) hafa síðan verið bornar saman við eftirfarandi viðmiðunarmörk: 0-4%, 4-10% og >10% strokufiskar í tiltekinni (þ.e. stofni) og þessar líkur eru kallaðar litlar, hóflegar eða miklar líkur á erfðabreytingum á viðkomandi stofni vegna genablöndunar við strokufisk úr eldisstöðvum. Þessi viðmiðunarmörk eru fengin beint frá Noregi [6] en þar hafa þau verið notuð í vöktunarkerfi til eftirlits með strokufiski úr eldisstöðvum [7].

##### 4.2 Almennar athugasemdir við aðferðarfræði líkansins

Okkur er ekki kunnugt um neitt svipað líkan sem notað hefur verið til þess að spá fyrir um tíðni innblöndunar strokufisks úr eldisstöðvum í straumár. Þannig má líta á líkansgerð Hafrannsóknastofnunar sem talsverð nýmæli og nýsköpun. Það byggir á skiljanlegum þáttum sem máli skipta og hafa verið settir fram í formi breyta, þar sem stuðst er við gildi úr vísindaritum og öðrum viðeigandi heimildum. Við teljum því að líkanið sé bæði viðeigandi og öflugt verkfæri, sem notað hefur verið og má beita til þess að prófa ýmsar raunsæjar sviðsmyndir fiskeldis á Íslandi. Höfundar líkansins hafa einnig gefið til kynna að líkanið hafi verið aðlagð af öðrum til þess að meta áhrif fiskeldis Atlantshafsmegin í Kanada. Líklegt er að með frekari breytingum gæti verið unnt að nota það einnig í öðrum löndum.

Að mestu leyti virðist Hafrannsóknastofnun beita viðeigandi gögnum/þekkingu til þess að ákvarða hvaða breytur skuli hafa með í líkaninu, hvernig þær verka hver á aðra og hvernig þær skuli samsettar. Hins vegar eru nokkra undantekningar og takmarkanir sem lýst er nánar hér fyrir neðan. Þessa þætti mætt ígrunda og taka upp í næstu útgáfu líkansins.

##### 4.3 Nánara mat á breytunum í líkaninu

###### *Fjöldi strokufiska*

Fyrstu lykilþættir líkansins eru m.a. líkur (tíðni) á því að fiskar sleppi út í náttúruna á hverja framleiðslueiningu eldisfisks (skilgreint sem fjöldi strokufiska á hvert framleiðslutonn á ári). Þessum þætti er síðan skipt í strokufisk eftir stærð, smáfisk, allt að 1,5 kg (seiði/stórseiði) og stórfisk >1,5kg (strokufisk úr hópi áframeldisfiska í framleiðsluferlinu). Tölurnar sem notaðar eru til þess að stíka líkanið, þ.e. tíðni stroka, hafa verið ákvarðaðar sem 0,8 fiskar á hvert



framleiðslutonn á ári. Í stuttu máli spáir líkanið 8 strokufiskum á ári, skipt að jöfnu milli smárra og stórra strokufiska, sem sýna mismunandi hegðun (sjá hér að neðan), ef framleiðsla í firði er ákvörðuð 10 tonn á ári. Þannig er áætluð tala strokufiska kvörðuð með beinum hætti við framleiðsluna. Þetta er einn mikilvægasti þáttur líkansins, þar sem tvöföldun strokutíðninnar tvöfaldar jafnframt tölu strokufiska í ám.

Fjöldi strokufiska á hverja framleiðslueiningu í líkaninu var ákvarðaður erfir mat á opinberum tölum um tilkynnta strokufiska og framleiðslumagn í Noregi ([www.fiskeridi.no](http://www.fiskeridi.no)), og koma þær fram í töflu 2.2 í skýrslu Hafrannsóknastofnunar. Gögn frá norsku fiskeldi voru valin til þess að ákvarða þessa breytu vegna aðgengileika áreiðanlegra opinberra talna, svo og vegna þess að íslenskar fiskeldisstöðvar starfa á grundvelli svipaðra tæknistaðla. Þetta virðist eðlileg ráðstöfun meðan íslensk gögn liggja ekki fyrir.

Breytan 0,8 strokufiskar á hvert framleiðslutonn tekur mið af forsendu um nokkra vantilkynningu og því að rauntölur um strokufisk vegna fiskeldis í Noregi hafa verið áætlaðar um 2-4 sinnum hærrí en tilkynnt tilfelli, a.m.k. á tímabilinu 2005-2011, þegar þetta atriði var áætlað sérstaklega [8]. Þannig hefur Hafrannsóknastofnun valið að nota hámark áætlaðrar meðaltíðni stroka frá norsku fiskeldi. Þrátt fyrir þá óvissu sem tengist slíkri tölfræði (tilkynntar tölur á hverja einingu og vantilkynning) teljum við ásættanlegt að styðjast við þessa strokutíðni með 4x leiðréttingu fyrir vantilkynningu, þar til uppfærðar áætlanir um tilkynntar/ótilkynntar strokur liggja fyrir, einkum tölur frá Íslandi.

Mikilvægt er þó að benda á að tölur um tilkynntan strokufisk í Noregi hafa almennt lækkað frá útgáfu umræddrar skýrslu, sem tók til tímabilsins 2005-2011 ([www.fiskeridir.no](http://www.fiskeridir.no)), og hlutfall strokufisks í Noregi hefur einnig lækkað á þessum tíma [7] (þótt hafa verði í huga að hlutfall strokufiska í ám er einnig fall af fjölda villtra laxa). Framleiðsla í norsku fiskeldi hefur að mestu verið stöðug á tímabilinu frá 2011 og því eru merki um að dregið hafi úr raunverulegum fjölda strokufiska á hverja framleiðslueiningu í Noregi á síðari tímum. Sé sú raunin er mögulegt að strokutíðnin sem Hafrannsóknastofnun notar í líkani sínu sé tiltölulega há. Svo það sé ítrekað verður unnt að ráðast í nákvæmari áætlun á þessari breytu miðað við íslenskar aðstæður þegar nægjanlega nákvæm gögn liggja fyrir frá íslenskum laxeldisstöðvum.

### ***Strokufiskur út frá lífmassa- og framleiðslumagni***

Þetta líkan er ætlað til stikunar við burðarþol (sjá 5. hluta) hvers einstaks fjarðar þar sem fiskeldi er leyft. Burðarþol er sett fram sem hámarks lífmassi á hverjum tíma. Strokutíðnin er sett fram sem 0,8 fiskar á hvert framleitt tonn á ári; því verður að setja hana fram að nýju sem hlutfall af tonni af lífmassa. Það er gert með þættinum 1,2 tonn af lífmassa á hvert framleitt tonn á ári, sem gefur töluna 0,67 strokufiskar á ári á hvert tonn af lífmassa. Álitamál er hvort strokutíðni sé líklegri til þess fylgja hámarkslífmassanum (lífmassi í eldi hverju sinni) eða framleiðslunni (sem er magnið af fiski sem er slátraðá hverju ári). Þótt mögulegt sé að hlutfallið milli lífmassa og framleiðslu kunni að vera breytilegt eftir starfsháttum sem fylgt er í eldisstöðvum og norsku gögnunum sem stuðst er við til þess að áætla strokutíðni (eins og lýst er hér að framan), eða að hlutfallið kunni að breytast í tímans rás (t.d. með því að stærri fisk sé haldið í skemmri tíma), er líklegt að umbætur á öðrum áætluðum tölum í líkaninu (sérstaklega með betri áætlunum á fjölda strokufiska á hvert tonn, bryggjað (extrapolated) á grundvelli gagna, og á endurkomuhlutfalli snemmstrokinnna og síðstrokinnna fiska) muni veða þyngra en nokkur nákvæmni sem kynni að ávinnast með nákvæmari líkani um tengslin milli lífmassa og framleiðslu.

### Tegund strokufiska (litlir eða stórir)

Í líkaninu er gert ráð fyrir jöfnu hlutfalli smárra (<1,5kg) og stórra (>1,5kg) strokufiska. Smáu strokufiskunum, sem innrættir eru með gönguhegðun seiða/stórseiða (ganga út á haf og skila sér aftur á strokusvæðið 1-3 árum síðar,) hefur verið ætluð endurkomu-/afkomutíðnin 1,3% og endurkomudreifing í ár að jafnaði 170 km. Stærri strokufiskum, sem stikaðir eru með göngumynstur fullvaxta fisks (ganga á innsævi og fara síðan í ferskvatn) hefur verið ætluð 1,1% endurkoma í ferskvatn-/afkomutíðni og dreifing að jafnaði 540km.

Hafrannsóknastofnun valdi tíðnina 50/50 fyrir smáan/stóran strokufisk á grundvelli forsendna frá Noregi, sem notaðar hafa verið í eldri gerðum „erfðamengunarlíkana“ þar í landi [9]. Skilningur okkar er sá að þessi breyta sé byggð á gögnum úr einni rannsókn á astaxantín litarefnisinnihaldi hrognna í strokufiski sem gengu í tvær norskar ár árið 1991. Helmingur kvenfiskanna gáfu svipaðar niðurstöður og villtir fiskar og voru þeir því taldir hafa sloppið snemma á lífsferlinum, en hinn helmingurinn var með hátt astaxantín hlutfall og voru þeir fiskar því taldir hafa sloppið nýlega. Nokkrir þættir mæla gegn þessari ákvörðun. Í fyrsta lagi er um mjög takmörkuð gögn að ræða, því þau eru byggð á strokufiski sem skilaði sér í ferskvatn í aðeins tveimur ám á einu ári í Noregi. Í öðru lagi ná gögnin til strokufisks sem gekk í ferskt vatn en ná ekki til strokutíðninnar frá eldisstöðinni sjálfri, en gögnin notar Hafrannsóknastofnun í síðari tilganginum í líkani sínu. Í þriðja lagi eru þessi gögn úrelt í ljósi þess að meiri háttar tæknilegar breytingar og framfarir hafa átt sér stað í norskum fiskeldisframleiðslukerfum frá þeim tíma sem þessum gögnum var safnað fyrir hartnær 30 árum. Til að mynda hefur strokum seiða og stórseiða (þ.e. smárra fiska í umræddu líkani) sennilega fækkað miðað við stærri strokufiska frá þessum tíma þar sem möskvastærðir voru minnkaðar til þess að bregðast við þessari tilteknu strokuleið. Aðrir framleiðslutengdir og líffræðilegir þættir kunna einnig að vekja spurningar um hlutfallið sem valið var.

Af hverju skiptir þetta hlutfall máli? Áhrif strokuhlutfallsins milli smárra og stórra laxa skipta máli vegna þess að líkanið er (réttilega) sett upp með mismunandi afkomu- og dreifingartíðni fyrir þessa mismunandi strokufiska og því er samsvarandi munur á áhrifunum á mismunandi ár. Ennfremur skiptir hlutfallið máli þar sem almennt er viðurkennt að fiskur sem sleppur snemma á lífsferlinum og kemur til baka eftir 1-3 ár í sjó er líklegri til þess að maka sig við villtan lax með árangursríkum hætti en fiskur sem sleppur síðar á lífsferlinum. Þótt núverandi líkan taki ekki með beinum hætti á líkum á hrygningu eða afleiðingum af erfðablöndum við villta stofna er hlutfallið engu að síður mikilvægt ef þessi staðreynd er höfð í huga.

Tillaga um bætur á þessari breytu væri að ráðast í nákvæmari rannsókn á gögnum um tilkynntar strokur í Noregi frá síðustu 5-10 árum. Þessi gögn eru aðgengileg á netinu og taka m.a. til meðalstærðar og fjölda fiska sem tilkynnt er að hafi strokið á hverjum stað, auk dagsetninga <https://www.fiskeridir.no/Akvakultur/Tall-og-analyse/Roemmingsstatistikk>. Með því að nota þessi gögn og önnur sambærileg opinber gögn frá Skotlandi er hægt með miklu meiri nákvæmni að áætla hlutfall strokufisks eftir stærðarflokkum og bæta þannig þennan hluta líkansins.

### Endurkomutíðni flóttafisks

Af þeim 0,8 fiskum á hvert tonn sem sleppa á hverju ári komast 1,3% snemmstrokufiska og 1,1% síðstrokufiska af, ná kynþroska og skila sér í íslenskar ár. Í eldri útgáfu líkansins var stuðst við sérstakt áhættutímabil (mánuðir á hverja framleiðslulotu) fyrir síðsloppinn fisk. Hin nýja nálgun, að nota eina breytu sem stýrir endurkomutíðninni, er skynsamleg ráðstöfun og auðveldar betri áætlanir út frá framtíðargögnum.

### **Landfræðileg dreifing strokufiska**

Strokufiskar sem skila sér í ferskvatn dreifast eftir strandlengjunni frá hverjum strokstað (þ.e. eldisstöðinni) til laxveiðiáa. Þetta er reiknað með líkindadreifingu sem nefnist Weibull dreifing, en samkvæmt henni dreifist hluti stroksins stutta vegalengd rangsælis (gegn sjávarstraumum) og stærri hluti lengri fjarlægðir réttisælis frá upprunastöðinni. Þessi dreifingarmynstur eru þannig upp sett að snemmstrokinn fiskur er talinn ganga að jafnaði 170km en síðstrokinn fiskur 540km miðað við takmörkuð gögn um uppruna endurheimts strokufisks (og á grundvelli almennrar vitneskju um dreifingu strokufisks úr birtum niðurstöðum). Á Weibull dreifingarfallinu er tæknilegur annmarki að því leyti að það gerir ráð fyrir föstu hámarki fjarlægðar við rangsælis göngu (sem t.d. útilokar göngu frá Vestfjörðum suður fyrir Sæfellsnes. Við leggjum til að þessi dreifing verði finnstillt (með því að bæta áætlaðar breytur eða með því að nota annað dreifingarsnið) þegar frekari gögn liggja fyrir sem tengja endurheimtan strokufisk við uppruna sinn. Lýsinguna á þessum hluta líkansins mætti einnig bæta með því að skýra hvar á fjarlægðarkvarðanum eldistöðin er staðsett og hvernig fjarlægðir meðfram strandlengjunni (sérstaklega þvert yfir fjarðarmynni) eru mældar.

Til viðbótar við Weibull dreifinguna er notaður mælikvarði á ratvísi (homing) á snemmstrokinn fisk. Þessi ratvísi dregur strokufisk aftur til eldisstöðvarinnar í stað laxár. Þessari aðferð var beitt til þess að útiloka óeðlilega mikla göngu (sem myndi ekki samrýmast þeim takmörkuðu upplýsingum sem fengist hafa fyrir Ísland til þessa) til áa nálægt eldisstöðinni. Nákvæm virkni og stikun þessa er fremur óljós í skýrslunni, og tilhliðrun breytunnar úr 0,25 gildinu, sem valið var, veldur verulegum breytingum á niðurstöðum líkansins, þannig að ráðast ætti í frekari rannsóknir á áhrifum staðsetningar eldisstöðva á endurkomur strokufiska til þess að bæta þennan hluta líkansins. Möguleg einföldun væri að fjarlægja þessa breytu og stilla þannig á lægri endurkomutíðni í ferskvatn ef fyrirbyggjandi gögn styðja lægri endurkomu í ferskvatn fyrir snemmstrokinn fisk þar sem þessi stiki er notaður.

### **Niðurstöður líkansins**

Líkanið reiknar út væntan fjölda strokufiska frá hverri stöð til sérhverrar laxár. Þessi fjöldi er tekinn saman fyrir hverja laxá, jafnaður til næstu heilu tölu og umreiknaður í hundraðshluta af villta laxastofninum til samanburðar við 4% og 10% viðmiðunarmörkin. Við mælum með að forðast jöfnunina, þar sem hún hefur áhrif á hundraðshlutatöluna fyrir litlar ár og áætlununum eru úthlutað öryggisbil, eða líkleg frávíkisbil (sjá hér fyrir neðan um slembiþætti).

### **Slembiþættir**

Hugsanlegur annmarki á líkaninu, og þar með áhættumatinu sem líkaninu tengist, er að ekki er gert ráð fyrir breytileika (slembiþáttum) og öryggisbilum (eða slembibilum) í öllum breytum, þ.e.a.s. meðaltöl eru notuð á öllum stigum líkansins.

Það er vel þekkt að fjöldi laxa sem snýr aftur til lands til þess að hrygna í upprunaám sínum er breytilegur frá ári til árs. Ennfremur mun fjöldi fiska sem sleppur úr sjávarkvíum út í náttúruna og snýr þannig aftur í ár, þar sem þeir geta hugsanlega blandast við villtan lax, einnig vera breytilegur í tíma og rúmi. Eins og sakir standa sýnir líkanið árlegt meðaltal strokutíðni, eða jafnstöðu, fyrir hverja eldisstöð. Þótt skiljanlegt sé að þessi háttur skuli hafa verið hafður á, gæti verið unnt að varpa frekara ljósi á hættuna á erfðablöndun ef gert væri ráð fyrir tilfallandi áhrifum í líkaninu.

Ef helmingaður væri fjöldi villtra laxa sem snýr aftur í ár á einu ári, og jafnframt tvöfaldaður fjöldi strokufiska, mundi það auka tíðni strokufiska í tiltekinni á fjórfalt.

Afleiðingin af þessu er að á tilteknum árum kann tíðni strokufisks í á skyndilega hækka t.d. úr 3%, sem er í flokknum lítil áhrif, upp í 12%, sem er í flokknum mikil áhrif. Að sjálfsögðu er mikilvægt að geta þess að með því að taka inn óvissuna gæti það leitt til >1% strokufisks í tilbúna dæminu hér að ofan á „góðu“ ári. Þó má halda því fram að miðað við dæmigerða laxakynslóð, sem nær yfir 3-8 ár (eftir breiddargráðu o.fl), mundi þessi breytileiki jafnast út í tímans rás og þannig ekki valda verulegum vandkvæðum. Þ.e. eitt hátt ár og eitt lágt ár í kjölfarið mundu jafnast út í niðurstöðum líkansins. Á móti kemur hugsanlega mikilvægt atriði sem er að gögn úr rannsóknum á erfðablöndun í Noregi, ásamt fyrirbyggjandi þekkingu, benda til þess að hlutfallslegur hrygningarárangur hjá strokufiskum í villtum stofnum verði að einhverju leyti fyrir áhrifum af þéttleika villtra laxastofna (samkeppni)[10]. Þannig mætti með því að taka inn breytileiknann, ásamt breytu sem lýsir stofnþéttleika inn í viðmiðunarmörkin betur lýsa hugsanlegu erfðablöndunarstigi.

Önnur ástæða til þess að hafa áhyggjur af skortinum á tilliti til breytileika/óvissu í líkaninu er að framleiðslan á Íslandi er enn tiltölulega smá í sniðum og takmarkast við fáa staði. Því er það svo að ef gert er ráð fyrir stöðugri árleg meðaltíðni strokutilvika á hverja eldisstöð gefur það nánast örugglega ekki rétta mynd af strokumynstrinu, sem líklegra er að sé afar breytilegt eftir tíma og stað samanborið við strokumynstrið sem fæst með líkaninu. Jafnvel í Noregi, þar sem framleiðslan er mun umfangsmeiri, er árlegur fjöldi strokufiska afar breytilegur og hann skiptist ekki jafnt milli eldisstöðva.

Við leggjum til að fyrir vöktun í framtíðinni og til að bæta forspárgildi ætti að íhuga eftirfarandi tilfallandi þætti og óvissuþætti:

- Óvissu í stikum líkansins. T.d. mætti herma niðurstöður með öryggisbili eða óvissubili fyrir hvern stika.
- Árlegur breytileiki settur á fjölda strokufiska til þess að endurspegla breytileika strokutilvika eftir tíma og stað.
- Slembun á fjölda laxa sem ganga í ár. Fjöldi laxa sem ganga í á ár hvert mun sveiflast með tilviljanakenndum hætti kringum bestu áætlunina. Líkindadreifingu (t.d. Poisson dreifingu) ætti að nota til þess að líkja eftir áhrifum á þetta af fjölda (og prósentu göngulaxa).

Ef þessu er beitt er það líklegt til að leiða til verulegs (hlutfallslegs) breytileika varðandi litlar ár.

Þessa óvissu- og slembiþætti ætti að nota til að reikna öryggisbil í áætlunum á hlutfalli strokufiska sem ganga í hverja á og til að áætla líkur á að farið verði yfir viðmiðunarmörk á tilteknu ári.

### ***Árnar sem reiknast með***

Með líkaninu er aðeins áætluð erfðablöndunartíðni strokufisks í ám þar sem að meðaltali eru >60 villtir hrygningarlaxar á ári. Þannig eru ár með meðalstofnstærð undir þessu marki ekki teknar með í áhættumatinu.

Á fundi með Hafrannsóknastofnun 17.04 gaf stofnunin þá skýringu að þessi ákvörðun hefði verið tekin þar sem á Íslandi er fjöldi smærri áa með tilfallandi göngur laxa sem ekki teljast stöðugir stofnar sem hægt er að nýta til veiða að einhverju marki. Hins vegar var fallist á að a.m.k. einhverjar þessara smærri lækja og áa gætu verið hluti af stærri yfirstofni (hópi stofna), annað hvort einar og sér eða með öðrum stærri ám. Nefndin hefur ekki upplýsingar um fjölda áa sem falla í þennan flokk á Íslandi, né heldur hvar þær eru (í tengslum við firði

þar sem fiskeldi er stundað) eða hvaða aðstæður gilda um þessa stofna. Þannig gæti þessi annmarki verið einungis fræðilegur, eða hann gæti mögulega verið áhyggjuefni.

Framangreind ákvörðun hefur líffræðilegar afleiðingar. Gögn sem byggð eru á rannsóknum frá Noregi [10-12] og Kanada benda til þess að smáir stofnar (sem að jafnaði hafa lítinn þéttleika, þó það sé ekki algilt) séu oft þeir stofnar þar sem tíðni erfðablöndunar við stökinn eldisfisk er mest. Þetta er að hluta til vegna þess að eldisfiskur hefur lakari viðkomu en villtur fiskur, einkum karlfiskar [13, 14]. Þannig kann viðkoma stökufisks í ám eða á árum þegar fjöldi hrygningarfiska er lágur vegna lélegrar endurkomu, ofveiði eða af öðrum orsökum, að vera óeðlilega mikil vegna tímabundins skorts á samkeppni á hrygningarsvæðunum og á eftirfylgjandi ungfiskastigi. Að auki hefur fjöldi fiska í ám með litla hrygningarstofna tilhneingingu til þess að vera tilviljunarkenndari og fjöldinn oft lítill (þó ekki nauðsynlega) vegna annarra þátta af mannavöldum, sem samanlagt veikja aðlögunarhæfni þessara stofna vegna annarra þátta svo sem íblöndunar og hrygningar stökufiska.

Í grundvallaratriðum er tiltölulega einfalt mál að taka slíkar ár inn í líkanið og nefndin bendir á að það gæti skipt máli að taka inn einhverjar af ánum í þessum flokki.

#### ***Viðmiðunarmörk fyrir „ásætlanlegt innblöndunarstig“***

Að ákveða hvaða stig innblöndunartíðni eldislax í villta laxastofna sé „ásætlanlegt/sjálfbært/skilji ekki eftir merkjanlegt fótspor“ er ekki lítilvægt verk [1, 15]. Hafrannsóknastofnun valdi þær breytur sem notaðar eru í Noregi, þ.e. 0-4%, 4-10% og >10%, sem lága, hóflega og háa innblöndunartíðni [6]. Þessi gildi eru einnig notuð í vöktunarkerfi Noregs með stökufisk í ám til að ákvarða lága, hóflega og mikla hættu á erfðablöndun [7]. Líkan Hafrannsóknastofnunar er ekki einskorðað við þessi viðmiðunarmörk og er þar af leiðandi sveigjanlegt í þessu tilliti. Gildin benda einnig til þess að hin völdu markgildi gætu verið, eða ættu e.t.v. að vera, jafnvel varfærnislegri, þar sem laxastofninn sem notaður er á Íslandi er af norskum uppruna og er þar með frábrugðinn, bæði vegna eldisáhrifanna og þróunarsögu. Nefndin leggur til að Hafrannsóknastofnun íhugi þetta atriði gaumgæfilega í framtíðarútgáfum líkansins.

Einnig er mögulegt að höfundar ættu að íhuga að nota lægri viðmiðunarmörk fyrir minni stofna en stærri stofna. Ástæða þess, eins og segir annars staðar í skýrslu okkar, er að fyrirliggjandi vísindaleg gögn benda til þess að litlir og dreifðir stofnar séu hlutfallslega viðkvæmari fyrir innblöndun en stærri og þéttari stofnar [10].

#### ***Endanlegt val stökufiska á ám við endurkomu***

Líkanið er forritað þannig að stökufiskur hafi ákveðin dreifingar- og endurkomumynstur (eins og lýst er hér að framan). Þegar stökufiskur kemur að strandsvæðinu gengur hann í ár á grundvelli tveggja breyta í líkaninu - almennri staðsetningu miðað við upprunalegan stökustað og staðsetningu miðað við aðrar ár í nágrenninu. Ef tvær ár liggja þannig nálægt hvor annarri skiptist stökufiskur sem forritaður er til þess að ganga í ár í grenndinni milli ána tveggja á grundvelli stofnstærðar villta fisksins í þeim. Skilningur okkar er sá að tvöfaldur fjöldi stökufiska sem snúa aftur á tiltekið svæði muni ganga í á þar sem villti stofninn er tvöfaldur á við stofn í nærliggjandi á. Nokkrar vísbendingar liggja fyrir frá Noregi (persónulegar athuganir úr yfirstandandi samstarfsverkefni) um að stökufiskur sé líklegri til þess að leggja leið sína stærri ár með stærri stofna eða laðast að slíkum ám. Hvor þessara tveggja breyta (vatnsmagn eða stofnstærð) er hin raunverulega kveikja er okkur ekki ljóst, þar sem náin tengsl eru þar á milli. Engu að síður þýðir þessi breyta í núverandi líkani

Hafrannsóknastofnunar að fleiri strokufiskar muni enda í stærri ám að öllu öðru óbreyttu. Þetta virðist rökrétt aðferð á meðan beðið er tölulegra gagna frá Íslandi. Engu að síður leggjum við til næmnigreiningu á þessari breytu, þar sem þetta atriði mun augljóslega draga úr líkum þess að ár fari yfir ákvörðuð viðmiðunarmörk þar sem færri strokufiskar muni ganga í smærri ár.

### ***Vöktunaráætlanir – strokufiskar í ám og erfðabreytingar***

Nefndinni er ekki ljóst hvort í erindisbréfi hennar sé sérstaklega farið fram á að nefndin leggi mat á vöktunaráætlunina/vöktunaráætlanirnar sem komið hefur verið á fót. Á bls. 15 í áhættumati Hafrannsóknastofnunar er hins vegar sérstaklega tekið fram að niðurstöðurnar úr vöktunaráætlunum í íslenskum ám, þar sem bæði eru vaktadír strokufiskar og erfðabreytingar á villtum stofnum vegna innblöndunar eldislaxa, séu notaðar með gagnverkandi hætti ásamt líkaninu sjálfu til þess að meta hættuna af erfðablöndun og þannig framkvæma samþætt áhættumat. Eftir fjarfund okkar 17.12. hefur Hafrannsóknastofnun veitt frekari upplýsingar varðandi vöktunarstarfsemina sem komið var á fót á Íslandi (skjöl sem bárust 27.04. og 04.05.) og þess vegna höfum við að auki gert allnokkrar almennar athugasemdir varðandi vöktunaráætlanirnar (byggt á öllum þremur skjölunum saman).

Eftir því sem okkur skilst er vöktunarstarfið sem ráðist hefur verið í byggt á eftirfarandi þremur meginþáttum: Athugun með myndavélum í 12 dæmigerðum ám (sjónræn greining á strokufiski), erfðafræðilegri staðfestingu á grunuðum strokufiskum sem veiðast í ám af stangveiðimönnum (tengt við gagnagrunn með DNA seiðastofnssýnum) og erfðafræðilegri greiningu á innblöndunartíðni með erfðafræðilegum aðferðum og markvissri sýnatöku úr ungfiski í ám.

*Myndkerfi* – Þessi kerfi gefa færi á að telja eldisfisk (en erfitt er að greina „snemmsloppinn“ fisk með þessari aðferð) og villtan fisk sem gengur í ár. Þessu kerfi hefur aðeins verið komið á í sex ám til þessa en áform eru um að fjölga þeim í 12. Engin önnur reglubundin slembisýnataka af fullvöxnum laxi fer fram í ám (þótt sýni séu tekin úr grunuðum strokufisk sem veiðist á stöng, sjá hér fyrir neðan) og við teljum þessu vöktunarsviði því ábótavant.

Í Noregi er viðhöfð víðtæk vöktunaráætlun um allt land til þess að áætla tíðni strokufiska í >200 ám á ári [7]. Í stuttu máli byggir norska áætlunin á slembisýnatöku úr afla/stofni sérhverrar af hinum >200 ám, sem byggist á að lesa úr hreistursýnum sem valin eru af handahófi úr sumaraflla stangveiðimanna, svo og sérstökum haustsýnatökum fyrir hrygningu, með stangveiði. Úr þessum slembiúrtökum, sem tekin eru úr ám, eru >30.000 hreistursýni greind árlega til þess að ákvarða hlutfall villtra laxa og eldislaxa. Að auki fer fram rekköfun (e. drift-diving) með sjónrænni greiningu strokufiska í fjölda áa. Sú vöktun byggir á formfræðilegri greiningu flökkufiska af hálfu reyndra teyma sem vinna samkvæmt ákveðnum tæknistöðlum. Þessi aðferð er vænlegri til þess að greina strokulax en notkun myndavélar, einkum snemmstrokufisk, því hún byggir ekki aðeins á formfræði, heldur einnig á þeim mun sem er á hegðun eldisfiska og villts lax í ám. Þessi aðferð hefur einnig verið rannsökuð og hátt nákvæmnistig hennar staðfest [16]. Saman ná þessar aðferðir yfir >200 ár árlega í Noregi og veita þannig nákvæma mynd í tíma og rúmi af tíðni strokulaxa úr eldisstöðvum í norskum ám. Nefndin bendir því á að vöktunaráætlunina á Ísland mætti útvíkka með einhverjum af þessum aðferðum, sem sniðnar væru að staðaraðstæðum og þörfum. Þetta er sérlega mikilvægt ef mata á nægilegum áreiðanlegum gögnum aftur inn í líkanið til þess að áætla dreifingu og endurkomu í hlutfalli við eldisframleiðslu.

*Erfðafræðileg staðfesting á grunuðum strokufiskum sem veiðast á stöng* – Stangveiðimenn sem veiða grunaða strokufiska eru beðnir að skila inn hreistursýni til þess að unnt sé að staðfesta fiskinn sem strokufisk eða villtan fisk og eldisstöð fisksins. Sú greining byggist á

formfræðilegri athugun á hreistrinu og síðan erfðafræðilegri greiningu með samanburði við DNA seiðastofnsgagnagrunn. Hafrannsóknastofnun veitti litlar upplýsingar um seiðastofnsgagnagrunninn og við höfum því ekki getað metið hvort kerfið sé nógu nákvæmt til þess að rekja uppruna strokufiska til eldisstöðva. Ef hins vegar er gengið út frá því að grunnurinn sé fullkomlega nákvæmur væri hægt með þessari aðferð að ná fram mikilvægum gögnum um dreifingu strokufisks frá eldisstöðvum, þ.e.a.s. frá hvaða eldisstöð þeir komu og í hvaða á þeir gengu. Slík gögn má setja aftur inn í líkanið sjálft til þess að uppfæra dreifingarföll. Að fara fram á það við stangveiðimenn að þeir skili inn sýnum sem þá grunar að sé strokufiskur getur ekki talist slembisýnataka, og þótt um sé að ræða nýstárlega aðferð til þess að greina upprunaeldisstöð strokufiska með samanburði við DNA seiðastofnsgagnagrunn getur sýnataka, sem ekki er af handahófi, ekki talist aðferð til þess að framkalla hlutlaus gögn um tíðni strokufiska í ám, eins og nú er gert til að mynda í Noregi. Þörf er á frekari upplýsingum um uppbyggingu gagnagrunnsins og greiningum ef leggja á frekara mat á þetta atriði.

*Erfðafræðileg vöktun á innblöndun í sýnum úr ungfiskum úr villta stofninum* – Núverandi áætlun gerir ráð fyrir að ráðist verði í erfðagreiningu á u.þ.b. 120 slembisýnum úr ungfiskum í hverri á, úr allt að 21 á. Hafrannsóknastofnun veitir engar upplýsingar varðandi þær aðferðir sem notaðar eru við erfðagreiningu og við höfum því ekki getað metið nákvæmni aðferðar/aðferða þeirra eða niðurstaðna. Engu að síður eru til erfðamerki til greiningar á villtum, öldum og blönduðum laxfiskum [17] og líklegt er að erfðafræðilegur munur á norskum eldislaxi og íslenskum villtum laxi sé jafnvel meiri en milli norsks eldislax og norsks villts lax og erfðafræðilegar aðferðir eru fyrir hendi til slíkrar vinnu. Ef gengið er út frá því að erfðafræðilegar greiningar á Íslandi séu framkvæmdar með viðunandi hætti ætti þessi sýnataka úr 21 á að veita yfirsýn yfir innblöndun eldisfiska í þessar ár/þessa stofna. Þetta mætti útvíkka, og ætti að útvíkka, þannig að fleiri ár verði teknar inn. Þess vegna er það tillaga nefndarinnar að aukin áhersla verði lögð á sýnatöku úr unglaxi í fleiri ám, að lágmarki eitt dæmigert sýni á u.þ.b. tveggja til fjögurra ára fresti, eftir aldri seiða og kynslóðartíma í ánum sem um ræðir. Til samanburðar er til mat á innblöndun fyrir >200 ár/stofna í Noregi [18].

### ***Nýlegar norskar niðurstöður um síðstrokafisk (3.1.6 í niðurstöðukafla skjalsins)***

Hafrannsóknastofnun notaði nýlega birt gögn úr norska vöktunarkerfinu [7] til þess að bera saman og reyna að fá staðfestingu á þeim endurkomuhlutföllum strokufiska sem notuð voru í líkaninu. Var deilt í meðaltal tilkynntra strokufiska í Noregi á tímabilinu 2014-2017 með fjölda strokulaxa sem fundust í norskum ám á sama tímabili. Þessar endurkomur í ferskvatn eru síðan margfaldaðar með tveimur til þess að gera ráð fyrir 50% veiðihlutfalli og enda þannig með 1.8% heildarstrok frá eldisstöð til ferskvatns. Þessi tala er síðan notuð til samburðar við og staðfestingar/vottunar á völdum endurkomuhlutföllum sem valin voru til notkunar í líkaninu (sem eru svipuð).

Framangreindur útreikningur er hins vegar rangur, eins og bent var á á fundinum með Hafrannsóknastofnun. Fjöldi strokufiska sem fundust og tilkynnt var um í norska vöktunarkerfinu nær einungis til þess strokufisks sem fannst. Að margfalda þessa tölu greindra fiska með stuðlinum tveimur, eins og Hafrannsóknastofnun gerir, skilar því ekki áætlun um heildarfjölda strokufiska sem ganga árlega í norskar ár. Tilbúið dæmi til skýringar: Tekin voru 100 slembisýni úr stofni 10.000 villtra laxa í á. Af þessum 100 greindust 90 sem villtir laxar og 10 sem strokulaxar eftir hreisturskoðun. Með norsku gögnunum, sem Hafrannsóknastofnun notar, hefðu strokufiskarnir 10 verið margfaldaðir með 2 og niðurstaðan því orðið að 20 laxar hefðu gengið í þá á. Réttu talan væri hins vegar 1000, þar sem hundrað fiska úrtakið var

slembiúrtak. Því eru tölurnar sem Hafrannsóknastofnun hefur notað rangar. Það er ekki einfalt mál að áætla rauntölu strokufiska sem ganga árlega í norskar ár og það hefur þess vegna ekki verið gert til þessa í norsku áætluninni. Þessi reikningsvilla er því alvarlegri þegar litið er til þess að einungis u.þ.b. 200 af u.þ.b. 400 ám í Noregi hafa verið rannskaðar í norsku vöktunaráætlunni og strokufiskar sem gengu í ár sem ekki voru vaktaðar voru ekki taldir með í útreikningum Norðmanna.

Mikilvægt er að áréttu að þessi reikningsvilla var rædd við Hafrannsóknastofnun hinn 27.04.2020 og ætlar stofnunin að leiðrétta hana framvegis. En jafnframt er mikilvægt að taka fram að þessi reikningsvilla hefur ekki verið notuð af Hafrannsóknastofnun til þess að stilla af líkanið og misskilningurinn hefur því engar raunverulegar afleiðingar fyrir líkanið sjálft, né heldur áhættumatið sem á rætur í líkaninu.

## 5. Mat á starfinu varðandi lífrænt burðarþol

### 5.1 Lýsing og mat á starfinu varðandi burðarþol

Hafrannsóknastofnun hefur verið falið að áætla burðarþol fiskeldisfjarða. Í þessum hluta er farið yfir upplýsingarnar sem okkur hafa verið látnar í té um aðferðina sem notuð er í þessu skyni.

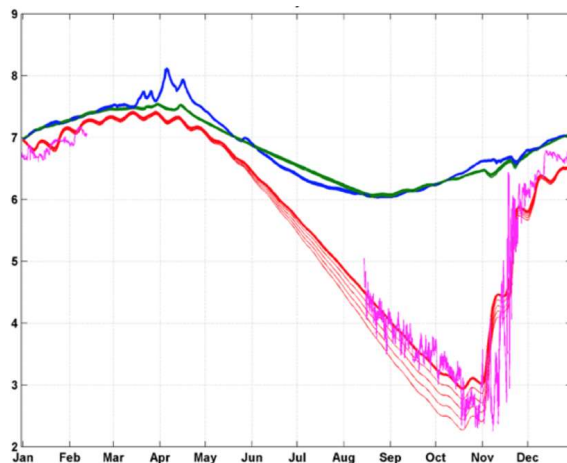
Á Vestfjörðum og Austfjörðum hefur Hafrannsóknastofnun áætlað burðarþol fjarða í samhengi við eldisfiskframleiðslu að því er varðar lífræna mengun og súrefnisstig. Rétt er að geta þess að áætlun burðarþols heils fjarðar er annað en umhverfismat vegna einstakrar fiskeldisstöðvar, þótt burðarþol sé tekið með í reikninginn sem hluti af umhverfismatsferlinu. Umfjöllun um umhverfismat er á ábyrgð annarra stofnana en Hafrannsóknastofnunar og utan við verksvið nefndarinnar, en við setjum fram nokkrar athugasemdir varðandi það hvernig umhverfismatsferlið ætti að leiða af burðarþolsmatinu (kafla 5.5).

Hafrannsóknastofnun byggir burðarþolsvinnu sína á skilgreiningunni „getu umhverfisins til þess að dreifa lífrænu álagi.“ Þessi skilgreining til samræmis við vatnatilskipun Evrópusambandsins (lög nr. 36/2011); hins vegar koma aðrir þættir við sögu varðandi burðarþol (þ.m.t. hætta á erfðablöndun, sem fjallað er um í 3. kafla þessarar skýrslu) og því ætti að skilja „burðarþol“ samkvæmt áætlun Hafrannsóknastofnunar, einungis sem efri mörk sem byggja á takmörkuðum fjölda viðmiða sem tengjast lífrænu álagi.

Til þess að áætla getu fjarðar til þess að dreifa lífrænu álagi frá eldisstöðvum hefur Hafrannsóknastofnun safnað tímaröðuðum gögnum um sjávarstrauma, hitastig, seltu og súrefnisstig, ásamt sjómælingum og vistfræðilegum mælingum á tilteknum stöðum fjörðunum. Áætlað burðarþol telst vera hámarkslífsmassinn sem heldur áhrifunum á botnivistkerfi, súrefnisstigi og uppsöfnun næringarefna neðan við viðmiðunarmörk.

Hafrannsóknastofnun hefur gert líkan af þessum burðarþolsáætlunum með hugbúnaðinum ACExR-LESV [19], sem þróaður var í þessum tilgangi og aðlagður með fínstillingu að hverjum firði. Hugbúnaðurinn líkir eftir straumfræðinni og rekur vatnshreyfingar og ferli efna sem fylgjast þarf með. Hugbúnaðurinn, sem notaður er, er öllum aðgengilegur og hefur verið vottaður með formlegu og faglegu jafningjamatsferli þar sem notuð voru gögn úr skoskum sjávarlónum (fjörðum). Framkvæmdin á Íslandi hefur þó ekki sætt hefðbundinni jafningjarýni. Dæmi um afurð úr raunlæga ACExR líkaninu er sýnt á myndinni hér fyrir neðan (úr Ólafsdóttir og Macrander, 2020).





Mynd 3: Niðurstöður AceXR líkansins varðandi súrefnisstyrk ( $\text{ml l}^{-1}$ ) í Arnarfirði og niðurstöður mælinga. Mældur súrefnisstyrkur ( $\text{ml l}^{-1}$ ) frá ágúst 2014 til febrúar 2015 er sýndur bleikur. Óbrotnu þykku línurnar sýna niðurstöðurnar úr líkaninu án nokkurs fiskeldis í firðinum. Bláu og grænu línurnar sýna árlega hringrás súrefnisstyrks í yfirborðs- og miðlögum, rauða þykka línan sýnir niðurstöður súrefnisstyrksins í botnlaginu. Rauðu, finu línurnar sýna niðurstöðurnar af áhrifum 10, 20, 30 og 40 þúsund tonna fiskeldi á súrefnisstyrkinn í botnlaginu.

Hver hinna mjóu rauðu lína svarar til þess súrefnisstyrks í vatnsmössunum sem leiðir af tilteknu stigi fiskeldisframleiðslu. Hafrannsóknastofnun prófaði mismunandi stig lífmassa og skoðaði nokkrar niðurstöður líkansins. Ráðlögð mörk voru ákveðin í samræmi við fyrstu niðurstöðurnar sem snertu viðmiðunarmörk. Niðurstaðan úr eðlisfræðilega ACEXR líkaninu keyrir áfram líffræðilega hluta líkansins (LESV) og líkir eftir næringarefnum, súrefni og smásvífi.

Einungis gögn úr skoskum sjávarlönnum hafa verið notuð til þess að prófa og fullgilda líkanið. Líkanið hefur verið lagað að íslenskum aðstæðum með könnunum á kolefnishringrásinni á Vestfjörðum, en okkur er ekki kunnugt um neinar aðgerðir til fullgildingar á líkaninu í heild með íslenskum gögnum. Í ljósi munarins sem er á landhátum, breiddargráðu, botnlífi og áhrifum ferkvatnsfrárennslis milli Skotlands og Íslands ætti að fullgilda líkanið með því að bera saman spár líkansins og vettvangsmælingar frá fiskeldisstöðvum á Íslandi.

Forsendur er gefnar líkaninu varðandi laxeldi til þess að reikna lífræna álagið sem leiðir af tilteknum lífmassa laxfisks (þ.e. 18 mánaða framleiðsluferlis ásamt fæðuummyndunarhlutfallinu 1,27). Þetta er gert til þess að setja burðarþolið fram sem lífmassatölu, sem er nauðsynlegt til þess að halda samræmi við erfðablöndunarlíkanið (sem byggir á hættunni á innblöndun miðað við tiltekinn lífmassa í hverjum firði). Eftir stendur að nauðsynlegt er fyrir framleiðendur eldisfisks að sýna fram á að fyrirhuguð framleiðsla þeirra haldist innan þess lífræna álags sem hér er lagt til, þar með talið að taka mið af hvers kyns frávikum frá hefðbundnum ræktunar- og stofnendurnýjunarháttum (t.d. frávikum í stofnstærð, framleiðsluferli eða fóðrunaraðferðum) og slík mál ætti að afgreiða í hverju tilviki fyrir sig í umhverfismatskýrslum.

## 5.2 Viðmið

Í burðarþolsskýrslu Hafrannsóknastofnunar er sagt að „lífrænu gæðabættirnir sem til skoðunar koma séu botnvistkerfið, plöntusvif og fjölfrumuplöntur, og eðlis- og efnafræðilegu stuðningsbreyturnar eru aðallega næringarefni og súrefnisstyrkur. Af þessum þáttum verða botnvistkerfið og súrefnisstyrkurinn fyrir mestum áhrifum af álaginu frá fiskeldi í opnum sjókvíum.“ Hins vegar er ekki þar að finna heildarskrá yfir niðurstöðurnar úr ACEXR-LESV líkaninu sem til athugunar koma, né yfir staðlana sem þær eru bornar saman við. Það væri nýtsamlegt ef í burðarþolsskýrslum Hafrannsóknastofnunar kæmu fram frekari upplýsingar um hvernig þessi mörk voru sett. Til dæmis eru gefnar upp mismunandi heimildir varðandi markgildi fyrir súrefni og næringarefni (t.d. OSPAR varðandi næringarefni). Þegar þörf krefur ættu viðmið að endurspeglar landfræðilegar og vistfræðilegar aðstæður á Íslandi.

## 5.3 Forsendur í eðlisfræði- og líffræðihluta líkansins

Þótt burðarþolsgreiningarnar séu að verulegu marki byggðar á grundvallarforsendum eðlisfræðinnar, koma nokkrar viðbótarforsendur einnig við sögu. Samkvæmt Ólafsdóttir og Macrander (2020), var í ráðgjöfinni vegna Arnarfjarðar „gengið út frá því að helmingur fasts úrgangs myndi enda í botnlaginu“ en einnig „var gengið út frá því að verstu aðstæðurnar mundu myndast þegar allur fasti úrgangurinn næði til botnslagsins.“ Þótt þessi forsenda sé eðlileg ályktun er hið raunverulega hlutfall fasts úrgangs sem fer niður á botninn fall af styrk staðarstrauma og staðsetningu stöðvarinnar þar sem fasti úrgangurinn er losaður. Notkun þessarar nálgunar endurspeglar þá staðreynd að að stuðst er við meðalaðstæður í firðinum, fremur en að notað hafi verið nákvæmt svæðislíkan sem lýsir því hvernig aðstæður innan fjarðarins breytast, með hliðsjón af raunverulegri staðsetningu fyrirhugaðra eldisstöðva.

Við nákvæmari líkangerð til þess að finnstilla forsendur af þessu tagi yrðu að liggja fyrir frekari upplýsingar um fyrirhugaðar staðsetningar eldisstöðva, sem ekki er líklegt að liggja fyrir fyrr en á því stigi þegar sótt er um starfsleyfi. Því ætti að fella slíka líkangerð inn í umhverfismatsstig umsóknarferlisins. Með raunverulegri mælingu (t.d. mælingu útfellingarhraða þegar framleiðsla hefst) mætti einnig leiða í ljós hvort forsendur séu réttar og draga úr þörfinni á að gefa sér forsendur, að minnsta kosti þegar litið er lengra fram í tímann.

## 5.4 Breytileiki og frávik frá ári til árs

Algennt er að aðferðir áhættugreiningar séu notaðar á mörgum sviðum umhverfsvöktunar. Við burðarþolúsútreikninga tækju slíkar aðferðir mið af tímaháðan breytileika í straumfræðilegum og efnafræðilegum eiginleikum fjarðanna. Svo einfalt dæmi sé tekið mætti taka súrefnisstyrkmælingar og vatnsfræðileg gögn nokkurra ára og setja árin sem handahófsúrtök í sjálfvirkar ACEXR keyrslur. Í Arnarfjarðardæminu mundi þetta leiða til safns hugsanlegra útkoma, frekar en eitt mat á áhrifum 20 þúsund tonna fiskeldis. Að auki mundi áhættugreining bæta inn breytileika vegna hugsanlegrar innkomu annarra tegunda í fjörðinn, rekíss og annarra viðeigandi þátta með því að ætla hverjum slíkum atburði einhver lág líkindi.

Eins og sakir standa eru margir þessara mikilvægu ytri þátta vaktaðir af fyrirtækjunum sjálfum eða verktökum. Ekki er augljóst hvernig breytingar á þessum þáttum mundu verka á leyft eldismagn í tilteknum firði.

## 5.5 Mat á umhverfisáhrifum

Fyrirtækin sem um ræðir taka saman mat á umhverfishættu, þar sem meðal annars er fjallað um áhrif á villt dýralíf í sjónum, svo sem fiskstofna, stöðu hafíss o.fl. Þetta er hluti skjals sem

sent er til Matvælastofnunar. Nefndinni var afhent dæmi um slíkt skjal, en það var einungis til á íslensku.

Í Evrópusambandinu heyrir mat á umhverfisáhættu undir umhverfismatstilskipunina (85/337/EEC) og sú tilskipun var tekin upp í íslenskan rétt með lögum um mat á umhverfisáhrifum nr. 106/2000 og Reglugerð um mat á umhverfisáhrifum nr. 1123/2005. Í grundvallaratriðum gæti laxeldi á Íslandi tekið upp starfsvenjur við mat á umhverfisáhrifum frá Skotlandi og Noregi. Sér í lagi bendum við á að í umhverfismati ætti að sýna fram á að tillögur séu í samræmi við burðarþolsmatið, ekki aðeins að því er varðar fyrirhugaðan lífmassa, heldur einnig hið lífræna álag sem honum fylgir og áhrif hans á vísitölur (að teknu tilliti til fyrirhugaðrar staðsetningar eldisstöðva og rekstrar þeirra). Burðarþolsmatið tekur ekki til annarra þátta, sem þurfa að koma fram í umhverfismatinu, t.d. áhrif á rándýr, siglingar, sjónræn áhrif, eftirlit með úrgangsefnum öðrum en fiskúrgangi, (sjá SARF 2007 [20] þar sem fjallað eru um ferlið í Skotlandi og sett fram fyrirmynd að umhverfismati, sjá einnig TAPAS verkfærakistuna [21]). Frekari umfjöllun um aðferðafræði við gerð mats á umhverfisáhrifum fellur utan við ramma þessarar skýrslu.

Skipulagning fiskeldis hefst að jafnaði með því að tilgreind eru svæði fyrir þróun fiskeldis sem ákvörðuð eru á grundvelli þátta svo sem líffræðilegra, umhverfistengdra, félagslegra og eftirlitstengdra þátta. Þetta er annað en umhverfismatsferlið vegna einstakra framkvæmda. Áætlanirnar um burðarþol sem Hafrannsóknastofnun lætur í té ætti að skoða sem hluta af skipulagsferlinu, þ.e. þær sýna að hvaða marki sé unnt að skipuleggja svæði til framtíðarþróunar fiskeldis í hverjum firði. Áætlunina um burðarþol ætti ekki að skoða sem vísbendingu um að ætíð skuli heimila fiskeldi upp að hámarkinu, og mat á umhverfisáhrifum þar sem tekið er mið af upplýsingum í einstökum tillögum um fiskeldi og lýst er frekari þáttum sem máli skipta ætti ætíð að nota til þess að ákveða hvort veita skuli rekstrarleyfi.

## 5.6 Framsetning líkansins og niðurstaðna

Hér er að framan eru settar fram nokkrar almennar athugasemdir um útreikning burðarþols. En hefðbundnara ferli til vísindalegs mats er að kynna þessar niðurstöður á vísindaráðstefnum og birta þær í ritrýndu vísindaritum. Slíkar kynningar og birtingar eru úrslitaatriði í hvers kyns vísindastarfi og ætti fortakslaust að fara þá leið þegar um er að ræða jafnmikilvægt viðfangsefni og það sem er til umfjöllunar hér. Skýrari framsetning á þeim tilteknu umhverfisþáttum sem tekið er mið af við útreikning burðarþols og mörkin sem þeir eru bornir saman við mundi einnig aðstoða greinina sjálfa við framkvæmd umhverfismats og uppfyllingu krafna.

## 6. Heimildir sem vísað er til

Ath. vísunum til heimilda hefur verið haldið í lágmarki þar sem unnt er í þágu læsileika.

1. Glover KA, Solberg MF, McGinnity P, Hindar K, Verspooor E, Coulson MW, Hansen MM, Araki H, Skaala Ø, Svasånd T: **Half a century of genetic interaction between farmed and wild Atlantic salmon: Status of knowledge and unanswered questions.** *Fish Fish* 2017, **18**(5):890-927.
2. Taranger GL, Boxaspen KK, Madhun AS, Svasånd T, (eds.): **Risk assessment - environmental impacts of Norwegian aquaculture.** Útdráttur úr „*Fisken og havet, 3-2010*“ 2011.
3. Taranger GL, Karlsen O, Bannister RJ, Glover KA, Husa V, Karlsbakk E, Kvamme BO, Boxaspen KK, Bjorn PA, Finstad B et al: **Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming.** *Ices Journal of Marine Science* 2015, **72**(3):997-1021.
4. Grefsrud ES, Svasånd T, Glover KA, Husa V, Kupka-Hansen P, Samuelsen OB, Sandlund N, Stien LH: **Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019 (á norsku).** *Fisken og Havet* 2019, **2019-5**.
5. Forseth T, Barlaup BT, Finstad B, Fiske P, Gjoaester H, Falkegard M, Hindar A, Mo TA, Rikardsen AH, Thorstad EB et al: **The major threats to Atlantic salmon in Norway.** *Ices Journal of Marine Science* 2017, **74**(6):1496-1513.
6. Taranger GL, Svasånd T, Bjørn PA, Jansen PA, Heuch PA, Grøntvedt RN, Asplin L, Skilbrei OT, Glover KA, Skaala O *et al*: **Forslag til førstegangs málemetode for miljoeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk þávirkning fra oppdrettslaks til villaks, og þávirkning av lakselus fra oppdrett på viltlevende laksefiskbestander** *Fisken og Havet 13-2012 Havforskningsinstituttet, Veterinærinstituttets rapportserie* Nr 7-2012 2012.
7. Glover KA, Urdal K, Næsje T, Skoglund H, Florø-Larsen B, Ottera H, Fiske P, Heino M, Aronsen T, Sægrov H et al: **Domesticated escapees on the run: the second-generation monitoring program reports the numbers and proportions of farmed Atlantic salmon in >200 rivers annually.** *Ices Journal of Marine Science* 2019, **76**(4):1151-1161.
8. Skilbrei OT, Heino M, Svasånd T: **Using simulated escape events to assess the annual numbers and destinies of escaped farmed Atlantic salmon of different life stages, from farms sites in Norway.** *Ices Journal of Marine Science* 2015, **72**:670-685.
9. Hindar K, Fleming IA, McGinnity P, Diserud A: **Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results.** *Ices Journal of Marine Science* 2006, **63**(7):1234-1247.
10. Heino M, Svasånd T, Wennevik V, Glover KA: **Genetic introgression of farmed salmon in native populations: quantifying the relative influence of population size and frequency of escapees.** *Aquaculture Environment Interactions* 2015, **6**(2):185-190.
11. Glover KA, Pertoldi C, Besnier F, Wennevik V, Kent M, Skaala Ø: **Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs.** *BMC Genet* 2013, **14**:4.
12. Karlsson S, Diserud OH, Fiske P, Hindar K: **Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations.** *Ices Journal of Marine Science* 2016, **73**(10):2488-2498.

13. Fleming IA, Jonsson B, Gross MR, Lamberg A: **An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*)**. *Journal of Applied Ecology* 1996, **33**(4):893-905.
14. Fleming IA, Hindar K, Mjølnerod IB, Jonsson B, Balstad T, Lamberg A: **Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population**. *Proc R Soc Lond Ser B-Biol Sci* 2000, **267**(1452):1517-1523.
15. Castellani M, Heino M, Gilbey J, Araki H, Svasand T, Glover KA: **Modelling fitness changes in wild Atlantic salmon populations faced by spawning intrusion of domesticated escapees**. *Evolutionary Applications* 2018:Early online: DOI: 10.1111/eva.1261.
16. Mahlum S, Skoglund H, Wiers T, Norman ES, Barlaup BT, Wennevik V, Glover KA, Urdal K, Bakke G, Vollset KW: **Swimming with the fishes: validating drift diving to identify farmed Atlantic salmon escapees in the wild**. *Aquaculture Environment Interactions* 2019, **11**:417-427.
17. Karlsson S, Moen T, Lien S, Glover KA, Hindar K: Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 2011, **11**:247-253.
18. Diserud OH, Hindar K, Karlsson S, Glover KA, Skaala O: Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon on wild salmon populations - status 2019. *NINA Rapport 1659 Norsk institutt for naturforskning*. 2019.
19. Tett P, Portilla E, Gillibrand PA, Inall M: **Carrying and assimilative capacities: the ACExR-LESV model for sea-loch aquaculture**. *Aquaculture Research* 2011, **42**:51-67.
20. SARF: **EIA Literature, Legislation and Planning Review**. Sótt af: SARF Report 024. <http://www.sarf.org.uk/projects/SARF024.php>. 2007.
21. TAPAS: **Toolbox Aquaculture. Spatial planning and developing zones for aquaculture**. Sótt af: <https://toolbox-tapas.s1.umbraco.io/media/1203/tapas-guidance-document-zoning.pdf>. 2020.

## **Viðbrögð**

**Hafrannsóknastofnunar við skýrslu óháðrar nefndar um athugun á aðferðafræði áhættumats og greiningar á fiskeldisburðarþoli á vegum Hafrannsóknastofnunar**

6. júlí 2020

Hafrannsóknastofnun hefur móttengið skýrslu óháðrar nefndar um athugun á aðferðafræði áhættumats og greiningar á fiskeldisburðarþoli, sem skipuð var af ráðherra.

**Almennar athugasemdir nefndar:**

Nefndin mælir með að framtíðarvinna taki mið af öðrum hugsanlegum umhverfismálum til þess að ná fram víðtækara mati á umhverfissjálfbærni og burðarþoli. Ef lítið væri til annarra helstu laxeldisþjóða, t.d. Noregs, mætti fá vísbendingar um hvaða önnur viðfangsefni ætti að íhuga og síðar laga að sérstökum aðstæðum (framleiðslu og umhverfi) á Íslandi.

*Viðbrögð: Hafrannsóknastofnun tekur undir þessi sjónarmið og tekur fram að sambærilegar athugasemdir hafa verið í þeim greinargerðum sem gerðar hafa verið um burðarþol.*

**Athugasemdir er varða strokufisk og erfðablöndunarlíkan:**

Höfundar benda á að erfðablöndun strokufisks úr eldisstöðvum við villta laxastofna sé eitt veigamesta langtíma umhverfisvandamálið sem tengist laxeldi í þeim löndum þar sem villtir stofnar eru til staðar og að öll fyrirbyggjandi gögn bendi til þess að strokulax sé líklegur til þess að vera áhættuþáttur á Íslandi líka. Því hafi verið rétt að ráðast í þetta áhættumat.

Þeir telja áhættumatslíkanið nýstárlegt og nytsamlegt til þess að leggja mat á áætlaðan fjölda laxa sem kunni að sleppa út í náttúruna og finna sér leið upp í ár. Höfundum er ekki kunnugt um neitt svipað líkan sem notað hefur verið til þess að spá fyrir um tíðni innblöndunar strokufisks úr eldisstöðvum í straumár. Þannig má líta á líkansgerð Hafrannsóknastofnunar sem talsverð nýmæli og nýsköpun. Það byggir á skiljanlegum þáttum sem máli skipta og hafa verið settir fram í formi breyta, þar sem stuðst er við gildi úr vísindaritum og öðrum viðeigandi heimildum.

Þeim er kunnugt um að líkanið hafi verið aðlagð af vísindamönnum hjá Fisheries and Ocean Canada til þess að meta áhrif fiskeldis Atlantshafsmegin í Kanada. Líkanið var aðlagð að skilyrðum fyrir Nýfundnaland og nú er einnig unnið að því að aðlaga líkanið að skilyrðum í Nova Scotia. Þeir telja líklegt að með ákveðnum breytingum gæti verið unnt að nota það einnig í öðrum löndum.

*Viðbrögð: Nefndin kom með nokkrar gagnlegar ábendingar um líkanið sem stofnunin mun notfæra sér við næstu endurskoðun matsins og við birtingu vísindagreinar um áhættu erfðablöndunar. Hins vegar telur stofnunin þessar athugasemdir ekki ástæðu til breytinga á núverandi mati.*

**Helstu ábendingar nefndarinnar:**

**Fjöldi strokufiska:** Í áhættumatinu eru notuð gögn um stök í Noregi. Vegna þeirrar staðreyndar að rauntölur um strokufisk vegna fiskeldis í Noregi hafa verið áætlaðar um 2-4 sinnum hærri en tilkynnt tilfelli er hærri talan notuð, það er  $\times 4$  í varúðarskyni. Nefndarmenn benda á að merki séu um að dregið hafi úr raunverulegum fjölda strokufiska á hverja framleiðslueiningu í Noregi á síðari tímum. Sé sú raunin, er mögulegt að strokutíðnin sem Hafrannsóknastofnun notar í líkani sínu sé tiltölulega há.

*Viðbrögð: Hafrannsóknastofnun mun taka tillit til þessara athugasemda í næsta endurmati en telur þetta ekki breyta mati að svo stöddu að teknu tilliti til varúðarsjónarmiða.*

**Tegund stroks (snemmbúið (sjögönguseiði) og síðbúið (fullvaxnir):** Í líkaninu er stuðst við 50/50 skiptingu smárra (<1,5 kg) og stórra (>1,5 kg) strokufiska. Hafrannsóknastofnun valdi skiptinguna 50/50 fyrir smáan/stóran strokufisk á grundvelli forsendna frá Noregi. Þessi breyta er byggð á gögnum úr einni rannsókn á astaxanthín litarefnisinnihaldi hrognna í öldum

strokufiski sem gengu í tvær norskar ár árið 1991. Tillaga um bætur á þessari breytu væri að ráðast í nákvæmari rannsókn á gögnum um tilkynnt stök í Noregi frá síðustu 5-10 árum.

*Viðbrögð: Að tillögu nefndar hafa gögn um stök í Noregi og Skotlandi verið flokkuð eftir upplýsingum um meðalstærð strokufiska við stök. Þessi aðferð hefur þann ókost að vanskráning gefur óvissu/vanmat. Þetta á sérstaklega við um skoskar tölur þar sem eingöngu einn strokulax var tilkynntur í þó nokkrum stökum, sem er augljóst vanmat. Út frá greiningu á gögnum frá Noregi á tímabilinu 2007-2016 virðist sem snemmbúið stök sé um 40% en ekki 50%. Með tilliti til þeirrar óvissu sem er ennþá í gögnum sem um ræðir, telur Hafrannsóknastofnun ekki ástæðu til að breyta stuðlinum að svo stöddu.*

Landfræðileg dreifing strokufiska: Reiknað er með líkindadreifingu sem nefnist Weibull dreifing, en samkvæmt henni dreifist minni hluti laxins stutta vegalengd rangsælis (gegn sjávarstraumum) og stærri hluti lengri vegalengd réttisælis frá stökstað. Á Weibull dreifingarfallinu er tæknilegur annmarki að því leyti að það gerir ráð fyrir föstu hámarki vegalengdar við rangsælis göngu (sem t.d. útilokar göngu frá Vestfjörðum suður fyrir Snæfellsnes. Lagt er til að þessi dreifing verði finnstillt.

*Viðbrögð: Þetta er rétt ábending og þessir annmarkar voru þekktir. Þeir hafa þó hverfandi áhrif á niðurstöðu samkvæmt okkar útreikningum. Nú er unnið að því að bera saman við önnur dreifingarmódel.*

Notkun slembibreyta við framsetningu mats: Nefndin leggur til að notaðar verði svokallaðar slembibreytur (stochastic risk and interannual variability) við framsetningu mats.

*Viðbrögð: Við birtingu áhættumatsins var tekin sú ákvörðun að fylgja verklagi veiðiráðgjafar og ekki birta óvissumörk matsins. Við birtingu í ritryndu tímariti verður matið hins vegar birt með slembibreytum.*

#### **Viðbrögð við athugasemdum er varða burðarþol og lífrænt álag:**

Höfundar benda á að umhverfisþættir setja skorður við umfangi þess fiskeldis sem unnt er að heimila. Því hefur Hafrannsóknastofnun fengið það hlutverk að áætla burðarþol sérhvers þeirra fjarða (á Vestfjörðum og Austfjörðum) þar sem laxeldi kann að þróast. Burðarþolið er sá hámarkslífmassi (tonn af fiski) sem unnt er að heimila án þess að hætta sé á hnignun umhverfisins. Súrefni, staða næringarefna og vistfræði sjávarbotnsins voru af Hafrannsóknastofnun talin þættir sem ákvarða burðarþol og við áætlun á burðarþoli þurfti að halda öllum þáttum innan tilgreindra marka þeirra, í samræmi við svonefnda „allt eða ekkert“ meginreglu.

Nefndin tekur fram að burðarþolslíkönin séu ekki nægilega ítarleg til þess að ná yfir upplýsingarnar um hverja eldisstöð. Til að mynda er þess ekki getið nákvæmlega hvar í tilteknum firði eldisstöð kann að vera staðsett. Ennfremur nær líkanið sem notað er ekki yfir öll áhrif fiskeldis á umhverfið. Mikilvægt er að mati nefndarinnar að einungis sé litið á burðarþol sem fyrsta skref í áætlanagerð um fiskeldi og að umsóknnum um rekstrarleyfi fylgi nákvæmara mat á umhverfisáhrifum.

*Viðbrögð: Hafrannsóknastofnun tekur undir þessi sjónarmið og vinnur nú að skiptingu fjarða í eldisvæði á grundvelli burðarþols og bestu heildarnýtingar. Er sú vinna vel á veg komin.*

Nefndin ráðleggur Hafrannsóknastofnun að bera niðurstöður líkansins saman við gögn sem safnast í íslenskum fjörðum og leitast við að birta samanburðartölurnar til sannprófunar á líkaninu. Enn fremur ætti að gera ítarlegri upplýsingar aðgengilegar almenningi um þau markgildi sem valin eru fyrir umhverfisbreytur, áætlað burðarþol hvers fjarðar og áætluð áhrif á hvern fjörð ef farið er út fyrir það burðarþol.



*Viðbrögð: Hafrannsóknastofnun tekur undir þessi sjónarmið en bendir jafnframt á að stofnunin notaði öll tiltæk eðlis- og efnafræðileg gögn við mat á burðarþoli, svo sem strauma, hita og seltumælingar. Rétt er að benda á að breytileiki milli ára í umhverfinu er þekktur en hann veldur hins vegar minni óvissu í mati á álagi en óvissa sem felst í framgangi eldis á hverjum stað. Hafrannsóknastofnun tekur einnig undir að áriðandi er að viðeigandi umhverfisviðmið (markgildi) verði sett en Umhverfisstofnun vinnur nú að því.*

Nefndin bendir á að álagsmat Hafrannsóknastofnunar sé gert með aðferð og hugbúnaði sem nefnist ACExR-LESV og var þróaður í þessum tilgangi. Hugbúnaðurinn, sem notaður er, er öllum aðgengilegur og hefur verið vottaður með formlegu og faglegu jafningjamatsferli þar sem notuð voru gögn úr skoskum sjávarlónum (fjörðum). Framkvæmdin á Íslandi hefur þó ekki sætt hefðbundinni jafningjarýni.

*Viðbrögð: Hafrannsóknastofnun er sammála um mikilvægi þess að birta þessa vinnu í ritrýndum tímaritum og hefur það í hyggju.*