

# Mat á burðarþoli Seyðisfjarðar m.t.t. sjókvíaeldis

## Niðurstaða

Hafrannsóknastofnun ráðleggur í samræmi við lög um fiskeldi (nr 71/2008 m.s.br.) að hámarklífmassi fiskeldis í Seyðisfirði verði 10.000 tonn.

## Inngangur

Við breytingu á lögum um fiskeldi (nr. 71/2008) árið 2014 voru sett inn ný ákvæði um að rekstrarleyfi skuli fylgja burðarþolsmat sem framkvæmt sé af Hafrannsóknastofnun. Í lögnum er mat á burðarþoli svæða skilgreint sem mat á þoli fjarða eða afmarkaðra hafsvæða til að taka á móti auknu lífrænu álagi án þess að það hafi óæskileg áhrif á lífríkið þannig að viðkomandi vatnshlot uppfylli umhverfismarkmið sem sett eru samkvæmt lögum nr. 36/2011 um stjórn vatnamála. Hluti burðarþolsmats er að meta óæskileg staðbundin áhrif af eldisstarfsemi.

## Forsendur

Niðurstaðan byggir á mati á áhrifum eldisins á ýmsa umhverfisþætti strandsjávarvatnshlota eins og lýst er í reglugerð 535/2011 um flokkun vatnshlota, eiginleika þeirra, álagsgreiningu og vöktun. Einkum er horft til álags á lífríki botnsins, súrefnisstyrks og styrks næringarefna.

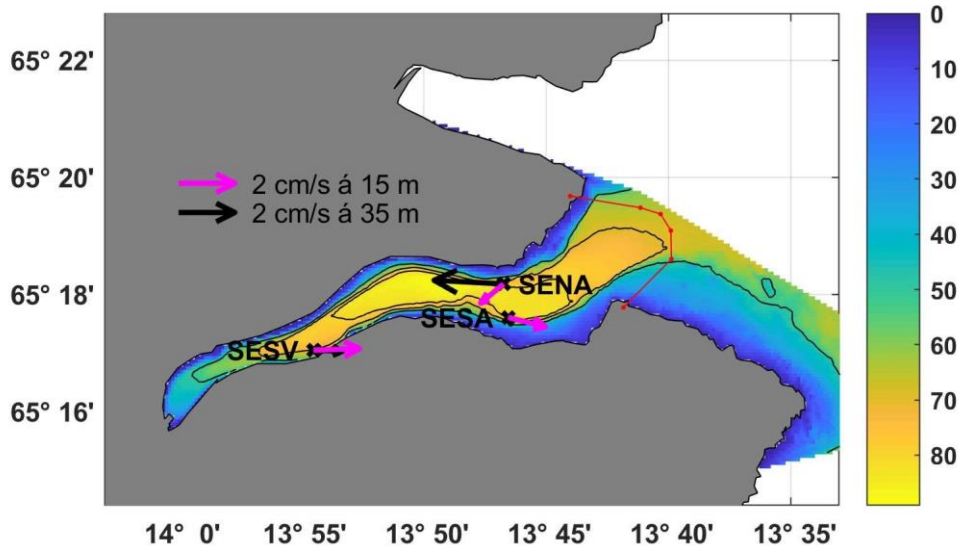
Ekki liggur fyrir matskerfi til að nota við mat á ástandi líffræðilegra gæðapátta í strandsjávarvatnshlotum en hér er stuðst við aðrar skuldbindingar eins og t.d. OSPAR samninginn. Til vatnshlota í strandsjó, sem hafa gott eða mjög gott ástand, er gerð sú krafa að ástand þeirra skuli ekki hnigna þrátt fyrir fiskeldi eða aðra starfsemi.

Tillit er tekið til stærðar fjarðarins, dýpis og varúðarnálgunar varðandi raunveruleg áhrif eldisins einkum á botndýralíf og súrefnisstyrk. Í þessu mati er gert ráð fyrir að hámarkslífmassi verði aldrei meiri en 10.000 tonn og að nákvæm vöktun á áhrifum eldisins fari fram samhliða því. Slík vöktun er forsenda fyrir hugsanlegu endurmati á burðarþoli fjarðarins, til hækkunar eða lækkunar, sem byggt væri á raungögnum. Jafnframt er bent á að æskilegra er að eldismassi sé frekar utar í firðinum en innar.

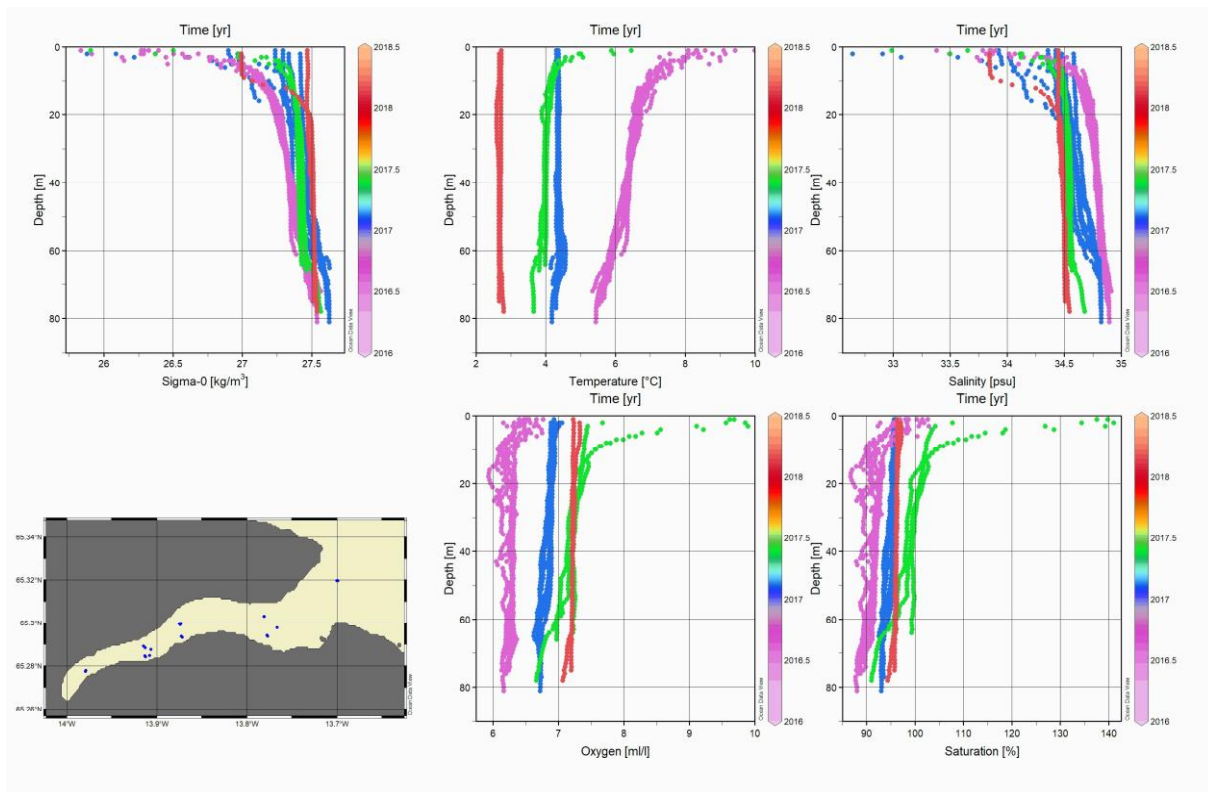
## Staðhættir og niðurstöður rannsókna

Í Seyðisfirði er mesta dýpi 89 metrar utarlega í firðinum og grunn eða nokkurs konar þröskuldur er utan fjarðarins með um 69 m dýpi. Nokkuð svæði í ytri hluta fjarðarins er dýpra en 80 m (1. mynd). Meðaldýpi fjarðarins er um 55 m og mesta dýpi um 89 m. Dýpi fjarðar er þannig háttað að frá grunni ofan 20 m dýpkar hratt niður á meira en 60 m og því má gera ráð fyrir að botnfall frá fiskeldi falli og skríði nokkuð hratt niður í djúplag fjarðarins. Lengd fjarðarins er um 17,5 km, flatarmál hans er um 34,0 km<sup>2</sup> og rúmmál hans er um 1,88 km<sup>3</sup>. Á fyrstu mynd eru sýndar staðsetningar straummælilagna ásamt meðalstraumi á tveimur dýpum á þessum mælistöðvum.

Endurútgæfið febrúar 2022



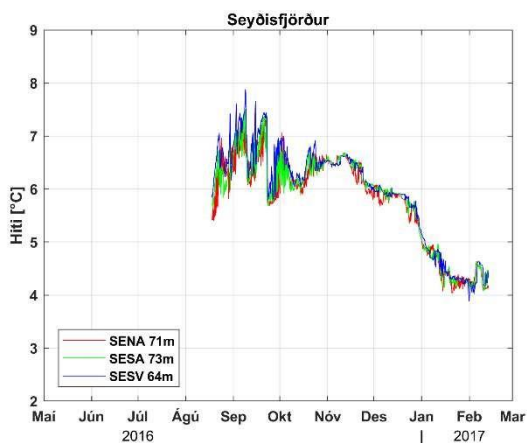
1. mynd. Botndýpi í Seyðisfirði. Rauða línan táknar ytri mörk þess svæðis sem líkankeyrslur náðu til. Staðsetningar og tákn straumlagna eru einnig sýndar ásamt meðalstraumi og stefnu fyrir tvö dýptarbil á mælitímanum. Dýptargögn eru frá Sjósmælingasviði Landhelgisgæslunnar.



2. mynd. Niðurstöður mælinga í Seyðisfirði 18. ágúst 2016 (fjólublátt), 12. febrúar 2017 (blátt), 27. maí 2017 (grænt) og 24. febrúar 2018 (rautt). Myndirnar sýna eðlisþyngd, hita, seltu, súrefnisstyrk og súrefnismettun sem lóðréttar ferla auk staðsetninga mælistöðva.

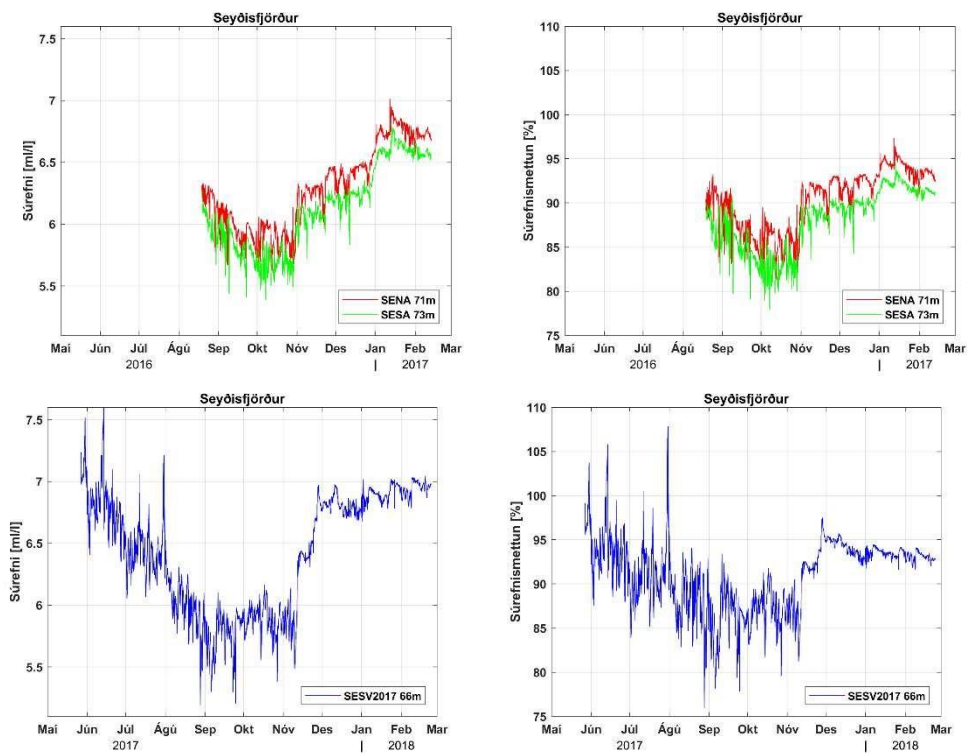
## Endurútgafið febrúar 2022

Athuganir á ástandi sjávar í firðinum á ýmsum árstímum (2. mynd) sýna að vatnssúlan er líkt og víða í fjörðum nær öll uppblönduð að vetri. Stöðvar sunnanvert í firðinum sýna þó að þunnt ferskvatnslag er viðvarandi stóran hluta ársins. Að sumarlagi myndast eilítið heitara og ferskara yfirborðslag í efstu 15 til 20 metrum sjávarins í firðinum. Þrjár staðsetningar sem sýndar eru á 1. mynd sýna samfelldar mælistöðvar/straumlagnir sem eru táknaðar með SENA utarlega, norðanvert í firðinum, SESA utarlega, sunnanvert í firðinum og SESV sem var innarlega, sunnanvert í Seyðisfirði. Súrefnismæling á innstu lögn gekk ekki sem skyldi 2016-2017 og var því lagt aftur og náðist mæling 2017 til 2018. Árssveifla hita á straummælilögnum við botn er sýnd á 3. mynd. Hitamælingar náðust á öllum stöðvum 2016 til 2017 og sýna að hiti er tiltölulega svipaður á sama tíma um allan fjörð niður undir botni. Hiti var á bilinu 2.5° til 9°C og talsvert kaldara var veturinn 2018 en 2017. Mælingar súrefnis hvort sem er á mælistöðvum með sondu eða á samfelldum mælingum á straumlögnum sýna að gildin verða sjaldan lág, súrefnismettun fór ekki undir 75% (2. og 4. mynd). Mælingar á hita, seltu og súrefni gefa tilefni til að ætla að notast megi við þriggja laga líkan af firðinum. Með yfirborðslagi, miðlagi og tiltölulega þunnu botnlagi.



3. mynd. Hitamælingar á straummælilögnum í Seyðisfirði. Vinstra megin 27. maí 2016 til 13. febrúar 2017, þrjár mælingar og hægra megin 27. maí 2017 til 24. febrúar 2018 einungis á innstu mælingarstöð.

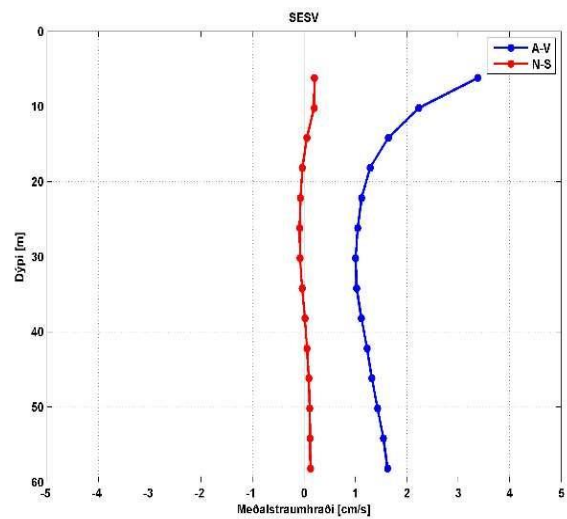
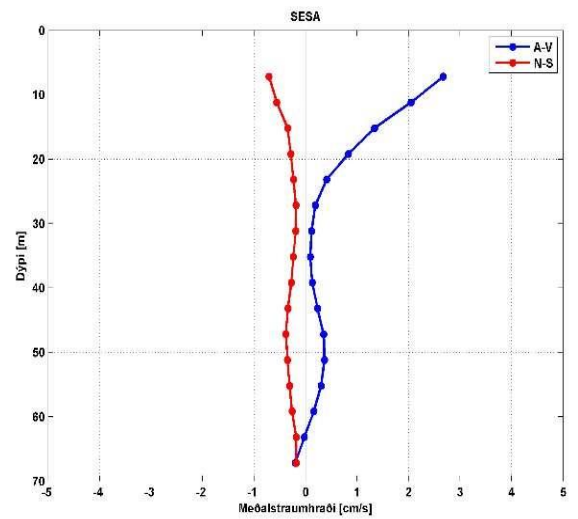
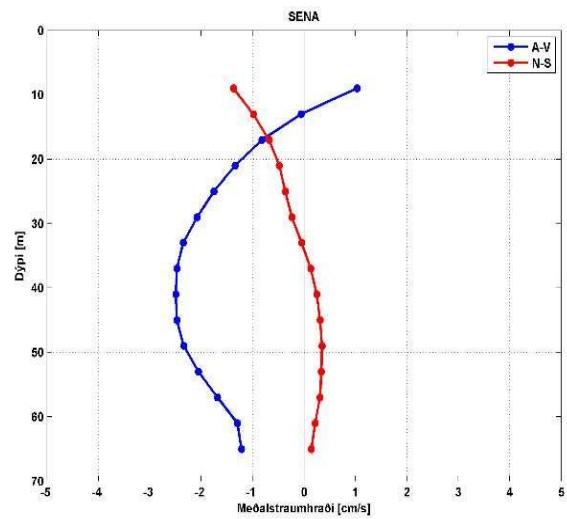
## Endurútgæfið febrúar 2022



4. **mynd.** Súrefni og súrefnismettun í Seyðisfirði. Efri myndir sýna þróun súrefnis (vinstri) og súrefnis mettnar (hægri) fyrir ytri mæilagnir í firðinum. Neðri myndir sýna sama fyrir innri mæilögn í firðinum. Dýpi mælitækis er tilgreint á myndum. Mælitími ytri lagna er 2016 til 2017. Mælitími innri lagna er 2017 til 2018.

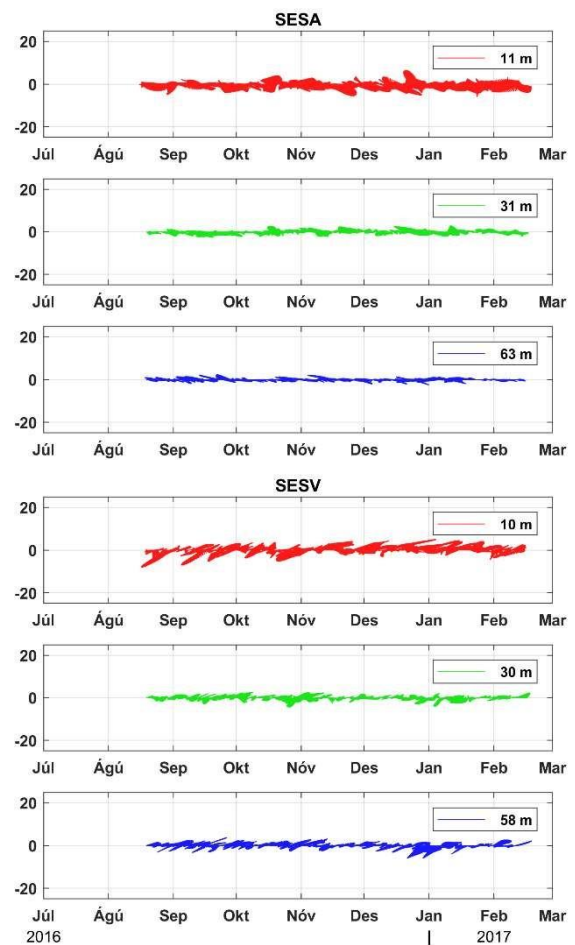
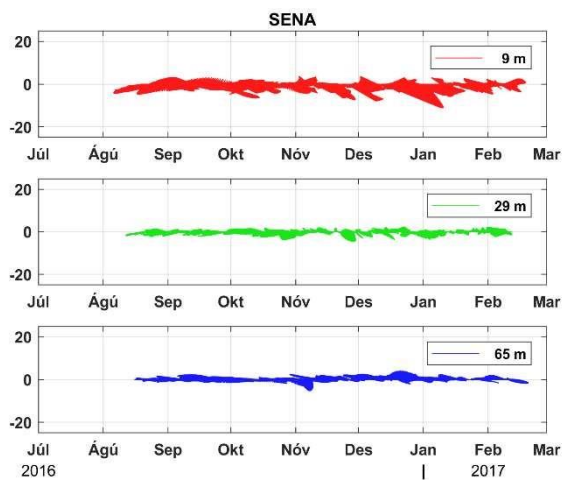
Niðurstöður straummælinga (1., 5. og 6. mynd) sýna meðalstraum 2 – 4 cm/s mismunandi eftir dýpi og stað. Tilhneiging er til innflæðis dýpra norðanvert og útflæðis gynnra sunnanvert. Líkt og víðar hefur vindur mikil áhrif á strauma fjarðarins og virðast sunnavindar draga úr útflæði en veikir og breytilegir vindar eru ráðandi þegar flæði er inn fjörðinn að norðan og út að sunnan (7. mynd). Miðað við meðaltal af straumi vatnssúlunnar má ætla að endurnýjunartími fjarðarins sé um 10 til 11 sólarhringar.

## Endurútgæfið febrúar 2022

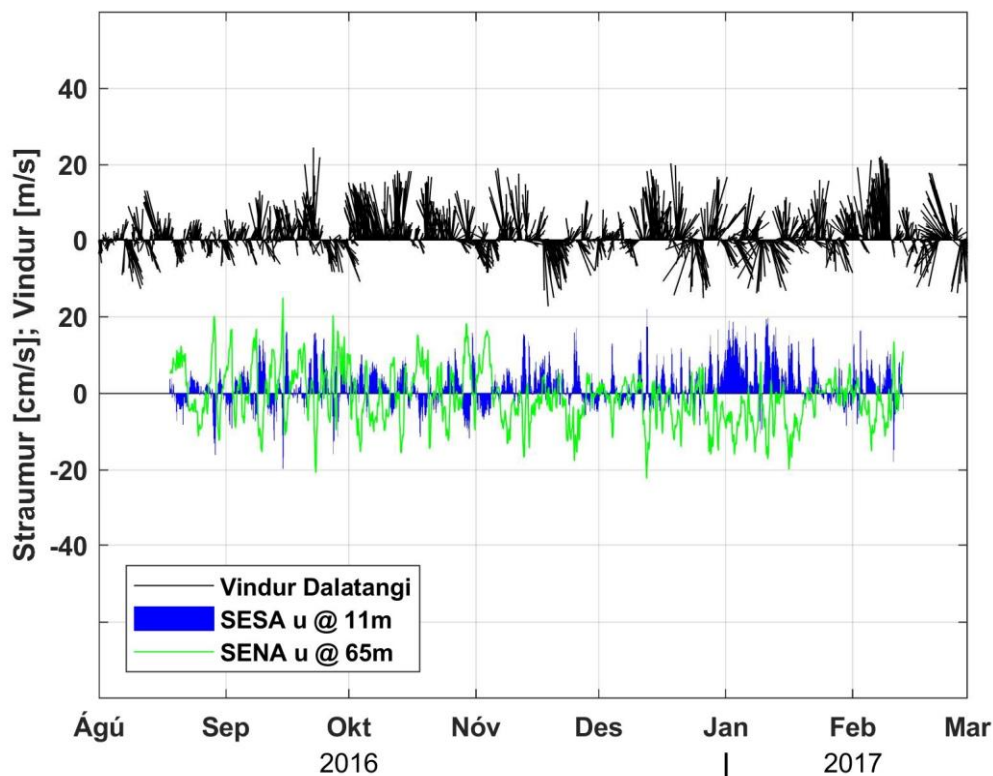


5. **mynd.** Meðalstraumhraði (láréttur ás) á mismunandi dýpi (lóðréttur ás) á staðsetningum SENA utarlega, norðanvert, SESA utarlega, sunnanvert, og SESV innarlega, sunnanvert í Seyðisfirði. Sýndir eru austur-vestur þáttur (blár) og norður-suður þáttur (rauður) straumsins.

## Endurútféið febrúar 2022



6. mynd. Tímaraðir straumstyrks og straumstefnu sjávar á mismunandi dýpi (um 10 m rautt, um 30m grænt og næst botni blátt) á straummælistöðvum í Seyðisfirði (staðsetningar á 1.mynd). Lóðréttur ás sýnir straum í cm/s. Gögnin eru síuð þannig að sjávarföll eru tekin út með 36 klst low-pass síu.



7. mynd. Tímaraðir vinds á Dalatanga og austur-vestur þáttur straums sjávar á straummælistöð SENA og SESA, norðanvert og sunnanvert í Seyðisfirði (1.mynd).

## Nánar um forsendur og líkön

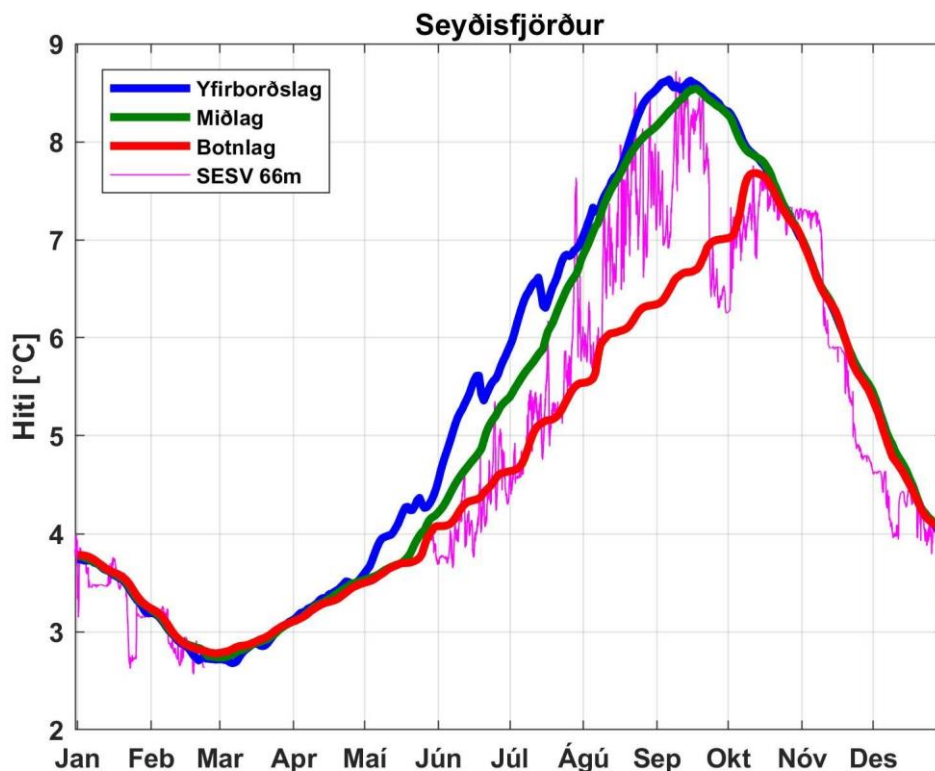
Líkt og annars staðar í Evrópu er horft til rammatilskipunar um vatn (water framework directive) sem tók gildi á Íslandi með lögum um stjórn vatnamála nr. 36/2011, þegar reglur um sjálfbært fiskeldi verða skilgreindar (Jeffrey o.fl., 2014). Til vatnshlota í strandsjó sem hafa gott eða mjög gott ástand er gerð sú krafa að ástandi þeirra skuli ekki hnigna þrátt fyrir fiskeldi eða aðra starfsemi. Það er grundvallaratriði í þróun sjálfbærs, visthæfs fiskeldis í sjó. Samkvæmt lögnum skal meta ástand strandsjávar með þremur líffræðilegum gæðapáttum sem eru botndýr, botnþörungur og svifþörungur. Þá skal einnig fylgjast með eðlis- og efnafræðilegum gæðapáttum eins og magni uppleysts súrefnis (Anon., 2014 a og b). Markmiðið er að öll vatnshlot séu að lágmarki með gott ástand sem er næst besti ástandsflokkurinn. Þá skal ástand þeirra ekki rýrna nema að því leyti að það má fara úr mjög góðu í gott ástand vegna sjálfbærrar starfsemi af einhverju tagi.

Burðarþol er skilgreint sem hámarks lífmassi tegunda í eldi sem hægt er að hafa á tilteknu svæði án þess að fara yfir mörk þess álags sem ásættanlegt er bæði fyrir eldið og umhverfið. Umhverfismörk eru nauðsynleg sem viðmið til að meta hvort að áhrif eldis séu ásættanleg. Ef viðmiðin eru öllum ljós verða forsendur ákvarðanatöku vegna burðarþolsmats einnig ljósar. Í nágrennalöndum okkar hefur fiskeldi verið stundað í stórum stíl um árabil. Þar hafa verið þróaðar aðferðir við að meta hæfi svæða til eldisstarfsemi og sett mörk um hvað telst ásættanlegt álag (Stigebrant o.fl., 2004, Tett o.fl., 2011, Tett o.fl. 2003). Grundvöllur alls slíks er þekking á umhverfinu. Áhætta af sjókvíaldri í Noregi hefur verið

metin (Taranger o.fl., 2012) og þar kemur fram að nauðsynlegt er að skoða heildstætt samlegðaráhrif allrar starfsemi innan ákveðins sjókvíaeldissvæðis.

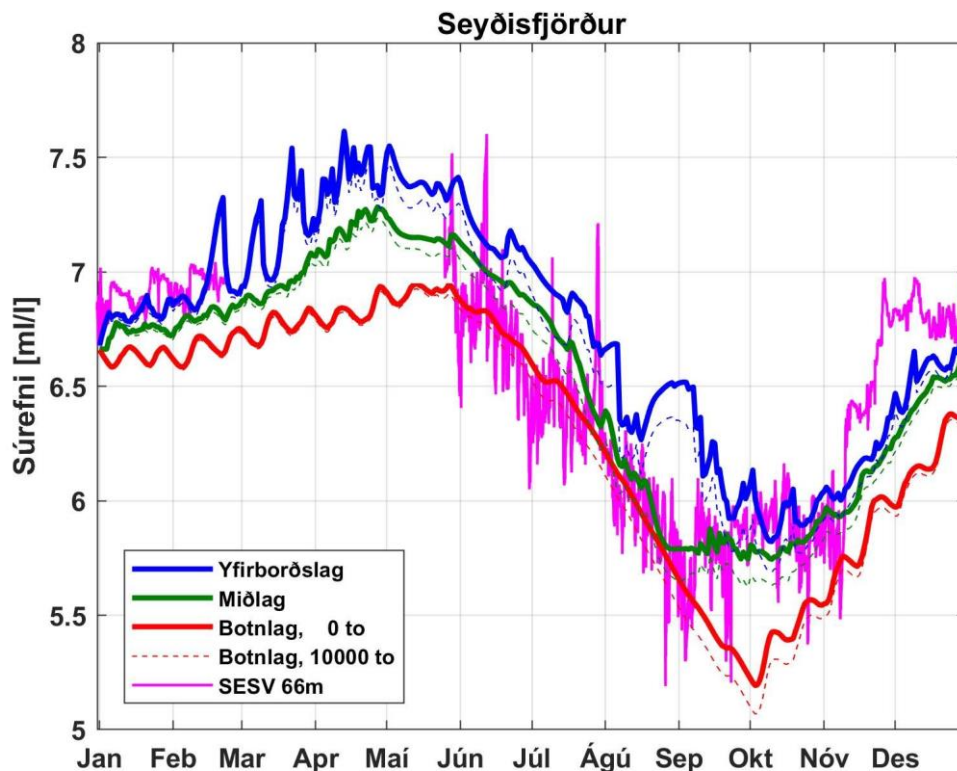
Einn þáttur verkefnis, sem lýtur að því að meta burðarþol, er að þróa áreiðanlegar, hlutlægar aðferðir eða líkön til þess að meta áhrif fiskeldis á umhverfið. Með því að nota slík líkön ásamt rannsóknaniðurstöðum frá tilteknu sjókvíaeldissvæði og þeim umhverfismörkum sem menn setja sér, er hægt að meta burðarþol m.t.t. eldis fyrir afmörkuð svæði. Reiknilíkönin þurfa að ná að líkja vel eftir hafeðlisfræðilegum, hafefnafræðilegum og vistfræðilegum ferlum í umhverfinu, sem og eftir súrefnisnotkun og uppsprettum og afdrifum lífræns efnis og næringarefna sem stafa frá eldinu. Grundvöllur þess að geta metið álag með líkönum er að hafa tiltækar athuganir á straumum, hita, seltu, súrefni, næringarefnum og þeim þáttum vistkerfisins sem á að meta.

Gerðar voru mælingar á þeim grundvallarþáttum í Seyðisfirði sem að ofan eru nefndir á tímabilinu frá 18. ágúst 2016 til 24. febrúar 2018 og þar af með síritandi tækjum frá 6. ágúst 2016 til 13. febrúar 2017. en ástæða er til að ætla að á þessu tímabili sé súrefnisstyrkur sjávar lægstur á árinu (4. mynd). Vegna bilunar var lagt aftur síritandi tækjum á innri lögn 27. maí 2017 til 24. febrúar 2018. Til þess að meta áhrif eldisins á vistkerfið er notað líkanið AceXR, sem hefur verið aðlagð að mæliniðurstöðum. Eins og áður sagði er gert ráð fyrir að í firðinum séu 3 sjávarlög, þunn t yfirborðslag, miðlag og djúp- eða botnlag. Þokkalegt samræmi fæst milli athugana og útreikninga líkansins á eðliseiginleikum sjávar (7. mynd).



8. **mynd.** Hitamælingar (fjólublátt) frá straumlögn SESV í innri Seyðisfirði bornar saman við niðurstöður líkans fyrir yfirborðslag (blátt), miðlag (grænt) og djúplag (rautt). Mælitíminn er 2017 til 2018 og eru fyrstu mánuðir ársins 2018 sýndir í janúar til mars á teikningu.





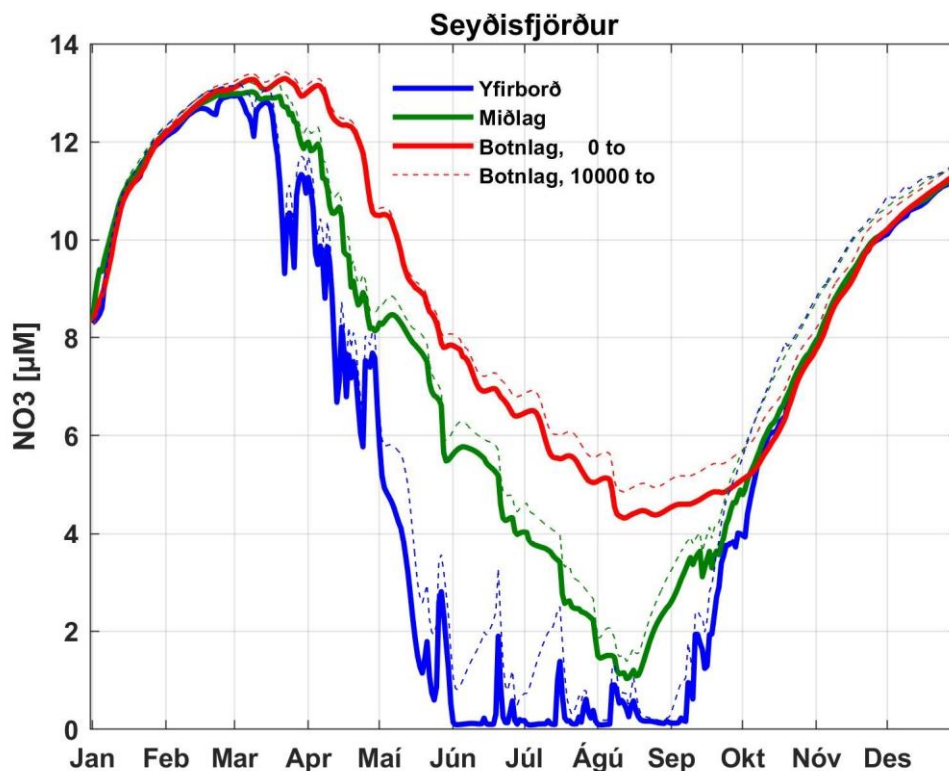
9. mynd. Súrefnismæling á 66 m dýpi á SESV innarlega í Seyðisfirði (fjólublátt) ásamt reiknuðu gildi ACExR líkans fyrir súrefni í yfirborðslagi (blátt), miðlagi (grænt) og djúplagi (rautt) án eldis í firðinum og útreiknað súrefni miðað við 10.000 tonna lífmassa í firðinum sýnt sem mjó punktalína með sömu litum. Mælitíminn er 2017 til 2018 og eru fyrstu mánuðir ársins 2018 sýndir í janúar til mars á teikningu (fjólublátt).

Á mælistöð inni í firðinum (SESV) náðust samfelldar súrefnismælingar niður undir botni og var lægsta gildið um  $5,2 \text{ ml l}^{-1}$  í ágúst sem bendir til þess að fjörðurinn sé síður viðkvæmur fyrir lífrænu álagi hvað varðar súrefnisbúskap hans (8. mynd).

Sökum þess hve brattur botn fjarðarins er, er hér gert ráð fyrir að allt fasta efnið frá eldinu sem fellur til botns lendi í djúplaginu og að álag á það svæði verði því meira. Þetta hefur bein áhrif á burðargetu fjarðarins.

Styrkur næringarefna er einn þeirra þátta sem losun frá fiskeldi hefur áhrif á. Þar sem vatnsskipti eru hægt eða rúmmál viðtaka lítið geta slíkar aðstæður orðið til þess að dreifing þeirra næringarefna sem losuð eru frá fiskeldi verði ekki næg til koma í veg fyrir marktæka styrkukningu í firðinum, sem aftur getur leitt af sér aukinn svifþörungargróður og niðurbrot lífræns efnis.

Samkvæmt niðurstöðum líkansins (9. mynd) má búast við  $0,5 - 1 \mu\text{mól l}^{-1}$  styrkukningu nitrats að sumri í yfirborðslaginu við 10.000 tonna lífmassa í eldi í firðinum. Sú aukning kann að valda aukinni frumframleiðni sem eykur álagið á súrefnisbúskap fjarðarins og þekkt er að svifþörungur og marglyttur hafa valdið vandræðum við fiskeldi í Seyðisfirði (Valdimar I. Gunnarsson, 2008)



10. mynd. Niðurstöður AceXR líkansins fyrir nítратstyrk í Seyðisfirði. Þykku heilu línurnar sýna niðurstöður líkansins án eldis í firðinum. Bláa línan sýnir ársferil nítратstyrksins í yfirborðslagi fjarðarins og græna þykka línan sýnir útreikninga líkansins fyrir nítратstyrk í botnlaginu. Mjóu grænu og bláu línurnar sýna niðurstöður líkansins á nítратstyrk í botnlaginu og yfirborðslaginu í firðinum miðað við áhrif 10.000 tonna lífmassa í firðinum.

Margir aðrir líffræðilegir, vistfræðilegir og hagrænir þættir geta líka legið til grundvallar burðarþoli varðandi fiskeldið, t.d. skólþrosun, smithætta, lyfjanotkun, erfðablöndun við villta stofna og veiðihagsmunir. Þessu til viðbótar hefur komið í ljós að laxalús og fiskilús geta valdið meiri skaða en áður var talið. Fyrir fjörð sem er jafn lítill og Seyðisfjörður hefur skortur á plássi einnig áhrif á burðarþolið og getur magnað mögulegan lúsavanda. Ljóst er að hér eru fyrir hendi aðstæður sem setja verulegt mark á burðarþol fjarðarins.

Af þessum sökum gefur varúðarnálgun ástæðu til þess að mæla með því að hámarks lífmassi verði ekki meiri en 10.000 tonn í Seyðisfirði.

Í þessu mati er gert ráð fyrir að heildarlífmassi verði aldrei meiri en 10.000 tonn í Seyðisfirði og að nákvæm vöktun á áhrifum eldisins fari fram samhliða því. Slík vöktun er forsenda fyrir hugsanlegu endurmati á burðarþoli fjarðarins, til hækkunar eða lækkunar, sem byggt væri á raungögnum. Jafnframt er bent á að æskilegra er að meiri eldismassi sé frekar utar í firðinum en innar. Þá telur Hafrannsóknastofnun að ástæða sé til að halda þau lágmarks fjarlægðarmörk milli eldisvæða sem reglugerð nr 1170/2015 setur.

Rétt er að taka fram að endanleg burðarþolsmörk fyrir ákveðna firði eða svæði verða seint gefin út enda hefur slíkt varla verið gert í nágrennalöndunum, heldur er alltaf tekið með í reikninginn hvaða staðsetningar og hvers konar eldi er um að ræða, enda fara umhverfisáhrifin eftir báðum þessum þáttum. Því má búast við að burðarþol fjarða og annarra eldissvæða verði endurmetið ef þörf krefur.

## Heimildir

Anon, 2014a. Gæðabættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávratnshlota. Hafrannsóknastofnun, skýrsla.

Anon, 2014b. Drög að vistfræðilegri ástandsflokkun strandsjávratnshlota. Hafrannsóknastofnun, skýrsla.

Hydes, D.J., Gowen, R.J., Holliday, N.P., Shammon, T., Mills, D., 2004. External and internal control of winter concentrations of nutrients (N, P and Si) in north-west European shelf seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 151-161.

Jeffery, K.R., Vivian, C.M.G., Painting, S.J., Hyder, K., Verner-Jeffreys, D.W., Walker, R.J., Ellis, T., Rae, L.J., Judd, A.D., Collingridge, K.A., Arkell, S., Kershaw, S.R., Kirby, D.R., Watts, S., Kershaw, P.J., and Auchterlonie, N.A., 2014. Background information for sustainable aquaculture development, addressing environmental protection in particular. Cefas contract report < C6078>.

OSPAR 2001. Annex 5: Draft Common Assessment Criteria and their Application within the Comprehensive Procedure og the Common Procedure. Meeting Of The Eutrophication Task Group (Etg), London (Secretariat): 9-11 October 2001.

OSPAR, Commission 2003. The OSPAR integrated report 2003 on the Eutrophication status of the OSPAR Maritime Area based upon the first application of the Comprehensive Procedure. Includes "baseline/assessment levels used by Contracting Parties and monitoring data (MMC 2003/2/4: OSPAR publication 2003: ISBN: 1 – 904426-25-5).

Stigebrandt A., Aure J., Ervik A. & Hansen P.K., 2004. Regulating the local environmental impact of intensive marine fish farming. III. A model for estimation of the holding capacity in the MOM system (Modelling – Ongrowing fish farm – Monitoring). *Aquaculture* 234, 239–261.

Taranger, G.L. et al., 2012. Risikovurdering norsk fiskopdrett, 2012. Fisken og havet, særnummer 2-2012. Institute of Marine Research, Bergen.

Tett, P., Portilla, E., Gillibrand, P.A. og Inall, M., 2011. Carrying and assimilative capacities: the ACExR-LESV model for sealoch aquaculture. *Aquaculture Research*. Special Issue: Proceedings of the International Symposium, Scottish Aquaculture: A sustainable future. Volume 42, Issue Supplement s1, pages 51–67.

Tett, P., Gilpin, L., Svendsen, H., Erlandson, C. P., Larson, U., Kratzer, S., Fouillans, E., Janzen, C., Lee, J.-Y., Grenz, C., Newton, A., Ferreira, J.G., Fernandes T., Scory, S. 2003. Eutrophication and some European waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research* 23, 1635-1671.

Valdimar I. Gunnarsson, 2008. Reynsla af sjókvíaeldi á Íslandi. Fjölrit Hafrannsóknastofnunar nr. 136.