

HV 2016-001
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

ÞÆTTIR ÚR VISTFRÆÐI SJÁVAR 2015
Environmental conditions in Icelandic waters 2015

REYKJAVÍK NÓVEMBER 2016

Þættir úr visfræði sjávar 2015

Environmental conditions in Icelandic waters 2015

Upplýsingablað

Titill: Þættir úr vistfræði sjávar 2015		
Höfundur/ritnefnd: Ástþór Gíslason, Héðinn Valdimarsson, Kristinn Guðmundsson og Sólveig R. Ólafsdóttir		
Skýrsla nr: HV 2016-001	Verkefnistjóri: Kristinn Guðmundsson	Verknúmer: UM 9219
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna:	Útgáfudagur: 14. nóv. 2016
Unnið fyrir: MFR	Dreifing: Vefútgáfa	Yfirfarið af: Sólveigu R. Ólafsdóttur
Agrip: Skýrslan fjallar um niðurstöður rannsókna á vistfræði sjávar við Ísland árið 2015. Gerð er grein fyrir ástandi sjávar, styrk næringarefna í yfirborðslögum og útbreiðslu og magni svifs við landið að vori til og sagt frá rannsóknum á hita og seltu á þremur árstímum. Sérstök áhersla er lögð á umhverfis- og vistfræðiathuganir í svokölluðum vorleiðöngnum, í seinni hluta máímánaðar. Greint er frá vöktun eiturþörunga við strendur landsins og sérstakur kafli er um langtímabreytingar á hita- og seltu og dýrasvifi. Hefð er fyrir birtingu stuttra greina um vistfræði sjávar, til viðbótar við áðurnefndar niðurstöður vöktunarverkefna. Að þessu sinni eru greinarnar tvær. Annars vega fjalla tveir haffræðingar stofnunarinnar um forvitnilega úrvinnslu gagna sem þeir söfnuðu með straummæli í Arnarfirði. Niðurstöður þeirra sýna hvernig dreifing dýrasvifs breytist með tilliti til tíma sólarhrings og árstíma. Hins vegar skýrir fiskifræðingur frá mati sínu á því hvernig svæðalokanir eru notaðar til stjórnunar á fiskveiðum og greinir frá hugleiðingum sínum um hvernig þróa megi með markvissum rannsóknum umræddar aðferðir svo þær nái þeim árangri sem að er stefnt, verndun hæfilegs hrygningarstofns og lámörkun veiðiálags á undirmálsfiski. Loks er, að venju, uppfærð viðaukatafla með árlegum vísitölum samkvæmt mati á niðurstöðum mælinga á viðkomandi umhverfisþáttum.		
Lykilorð: Árferði, vöktun, umhverfi, haffræði, svif		
Undirskrift verkefnisstjóra: 	Undirskrift forstöðumanns sviðs: 	

Formáli forstjóra

Á Hafrannsóknastofnun er unnið að margvíslegum rannsóknum á vistfræði sjávar og beinast þær að því að fylgjast með langtímabreytingum á ástandi sjávar og lífríki í yfirborðslögum. Rannsóknirnar hafa verið notaðar við umfjöllun um líklega þróun nytjastofna og eru einn af þeim þáttum er mynda forsendur ráðgjafar stofnunarinnar um verndun og nýtingu fiskistofna. Allt frá árinu 1994 hefur verið greint frá helstu niðurstöðum þessara rannsókna í skýrslu um ástand sjávar og umhverfisþætti.

Skýrslan sem hér birtist fjallar um árið 2015, en einnig eru niðurstöðurnar settar í samhengi langtímaþróunar. Á tímum mikilla breytinga á hitaskilyrðum og sjógerðum við strendur Íslands eru langtímarannsóknir af þessu tagi afar mikilvægar. Í megindráttum má segja að árið 2015 hafi hiti í efri lögum sjávar umhverfis landið verið í kringum meðallag fyrir sunnan og vestan landið en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið.

Í lokakafla ritsins eru að finna tvær greinar um vistfræði sjávar eftir starfsmenn stofnunarinnar. Í fyrri greininni er sagt frá bergmálmælingum í Arnarfirði sem sýna mynstur breytinga í lóðréttri dreifingu dýrasvífs. Seinni greinin fjallar um hvernig svæðalokunum hefur verið og er beitt við stjórnun fiskveiða við Ísland. Höfundurinn leggur mat á þær aðgerðir sem stuðst er við, annars vegar svæðabundna friðun og hins vegar skammtímalokun hólfa, og kemst að þeirri niðurstöðu að þær megi gera markvissari með endurskoðun og auknum rannsóknum.

Greinarnar í lokakaflanum eru skrifaðar undir nafni höfunda, en að öðru leyti sá sérstakur starfshópur um útgáfu skýrslunnar. Sarfshópin skipa Ástþór Gíslason, Héðinn Valdimarsson, Sólveig R. Ólafsdóttir og Kristinn Guðmundsson, sem jafnframt er ritstjóri þessarar útgáfu. Sólveig R. Ólafsdóttir las yfir handritið og Sigurborg Jóhannesdóttir annaðist umbrot, til birtingar á vefsíðu stofnunarinnar. Þessum og öðrum starfsmönnum stofnunarinnar sem tóku þátt í söfnun og úrvinnslu gagna á sjó og í landi er þakkað fyrir vel unnin störf.

Reykjavík 9. september 2016

Sigurður Guðjónsson

EFNISYFIRLIT / CONTENT

ÁGRIP	4
ENGLISH SUMMARY.....	5
 1. ÁSTAND SJÁVAR OG SVIFSAMFÉLÖG <i>ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PLANKTON COMMUNITIES</i>	 6
 2. LANGTÍMABREYTINGAR <i>LONG-TERM CHANGES</i>	 21
 3. STUTTAR GREINAR UM VISTFRÆÐI SJÁVAR <i>SHORT NOTES ON MARINE ECOLOGY</i>	 28
Andreas Macrander og Héðinn Valdimarsson: Endurkastsstyrkur og dægurfar dýrasvifs skoðað með straumsjám í Arnarfirði / Backscatter and diel dynamics of zooplankton observed with ADCP in Arnarfjörður.....	28
Jón Sólmundsson: Svæðalokanir, helstu rannsóknir og tillögur um breytingar / Area closures, research and suggestions for future directions.....	34
 4. VIÐAUKI. UMHVERFISÞÆTTIR Í MAÍ-JÚNÍ 1952 – 2015 <i>APPENDIX. ENVIRONMENTAL VARIABLES IN MAY-JUNE 1952 – 2015</i>	 45

Ágrip

Fyrsti kafli skýrslunnar fjallar um niðurstöður rannsókna á vistfræði sjávar við Ísland árið 2015. Í honum er gerð grein fyrir ástandi sjávar, styrk næringarefna í yfirborðslögum og útbreiðslu og magni svifs við landið. Sagt er frá rannsóknum á hita og seltu á þremur árstímum en sérstök áhersla lögð á umhverfis- og vistfræðiathuganir í svokölluðum vorleiðöngrum, sem farnir eru í seinni hluta maímánaðar. Í vorleiðöngrum eru gerðar mælingar á hita- og seltu, næringarefnum og plöntu- og dýrasvifi. Þá er einnig greint frá vöktunarverkefni til að fylgjast með eiturbörungum við strendur landsins. Annar kafli skýrslunnar lýsir langtímabreytingum á hita- og seltu og dýrasvifi. Í síðasta kafla eru svo greinar um afmörkuð efni er varða vistfræði sjávar. Loks er viðaukatala með tölugildum fyrir nokkra umhverfispætti eftir árum.

Í meginráttum má segja að árið 2015 hafi hiti í efri lögum sjávar umhverfis landið verið undir meðallagi fyrir sunnan og vestan land en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið.

Um miðjan maí var vorhámark plöntusvifs yfirstaðið í innanverðum Faxaflóa, en djúpt vestur og norðvestur af landinu hafði nánast engin gróðuraukning átt sér stað. Mikill gróður mældist grunnt undan Kögri og þar voru næringarefni uppurin. Umfangsmikill gróðurflekkur mældist hins vegar yfir landgrunninu norðan landsins og austur fyrir land að Krossanessniði. Mikill svifgróður var með suðurströnd landsins og var víða í rénum sökum lágs næringarefnastyrks.

Pegar á heildina er litið var átumagn í yfirborðslögum við landið í seinni hluta maí um eða undir langtímameðaltali. Séu niðurstöður um átu bornar saman við vorið 2014 kemur í ljós að átumagnið í yfirborðslögum var minna en þá á flestum svæðum. Samkvæmt bergmálsmælingum var ljósátumagnið einnig minna árið 2015 en árið 2014.

Árið 2015 var oft varað við neyslu skelfisks í Stakksfirði og í Hvalfirði vegna hættu á eitrun, bæði vegna tegunda af ættkvísl *Dinophysis* og tegunda af ættkvísl *Alexandrium*. Af þessum sökum var lokað fyrir uppskeru og sölu á kræklingi frá Hvalfirði frá júlí til nóvember og sömuleiðis frá Stakksfirði frá því í júní og út ágúst. Annars staðar bar mun minna á eiturbörungum og var aðeins gefin út viðvörðun þrisvar fyrir sunnanverðan Breiðafjörð.

English summary

The first section of this report describes environmental monitoring in the waters around Iceland during the year 2015. The main emphasis is on research carried out during the annual spring survey during the latter part of May. The second section describes longterm trends in hydrography and zooplankton abundance, while the last section is a collection of short notes on some of the marine ecological work carried out by the Marine Research Institute.

Temperature and salinity in surface waters in 2015 was generally below average values south and west of Iceland, but near or above average off the north and east coasts.

In mid May the spring phytoplankton bloom was over and declining in Faxaflói Bay, while in the more offshore areas west and northwest of Iceland, the spring blooming had hardly begun, except for the innermost stations. Substantial phytoplankton growth was observed in general off the north and northeast coast. Along the south coast considerable phytoplankton growth had taken place, as apparent from reduced concentrations of nutrients in the area.

During the latter part of May, mesozooplankton biomass in surface waters around Iceland was near long-term average and lower than 2014. Acoustic measurements targeting macrozooplankton also showed lower abundance of euphausiids in 2015 compared to 2014.

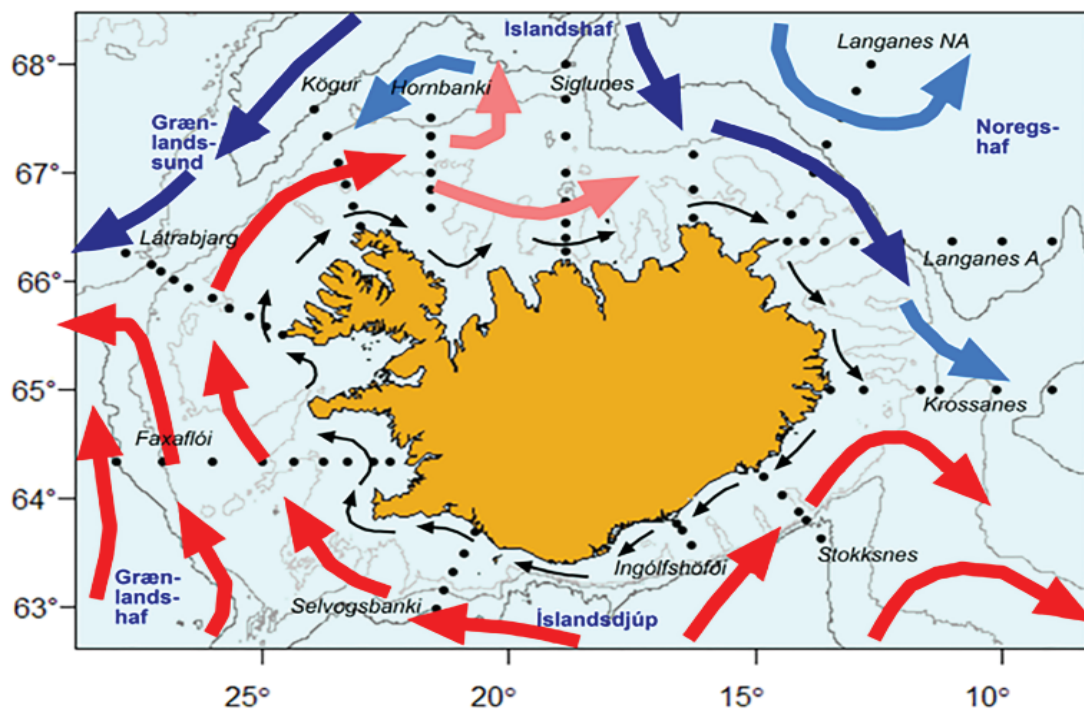
*Monitoring of harmful algae revealed that the numbers of *Dinophysis* spp. and *Alexandrium* spp. frequently exceeded critical levels for DSP and PSP in Hvalfjörður, and Stakksfjörðu, while much less so in other monitoring areas.*

1. ÁSTAND SJÁVAR OG SVIFSAMFÉLÖG

ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PLANKTON COMMUNITIES

Inngangur / Introduction

Ísland er á mótum tveggja neðansjávarhryggja, Mið-Atlantshafshryggjarins sem liggur eftir endilöngu Atlantshafi og Grænlands-Íslands-Skotlandshryggjarins sem liggur nokkurn veginn þvert á hann. Grænlands-Íslands-Skotlandshryggurinn hefur mikil áhrif á útbreiðslu sjógerða við landið. Þannig takmarkar hann samgang milli hlýsjávar sunnan við landið og hins kalda djúpsjávar í Íslandshafi. Í efri sjávarlögum hefur



1. mynd. Kort sem sýnir stöðvar þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknar umhverfis Ísland. Dýptarlínur eru sýndar fyrir 200, 500 og 1000 m. Myndin sýnir einnig helstu yfirborðsstrauma við landið (endurteiknað eftir Héðni Valdimarssyni o.fl. 2012, ICES Journal of Marine Science, 69: 816-825). Rauðar örvar tákna tiltölulega hlýjan og saltan Atlantssjó, bláar örvar seltuminni og kaldari pól- eða svalsjó en svartar strandsjó. Hita- og seltulækkun í hlý- eða pólsjó fyrir norðan landið eru gefin til kynna með ljósari rauð- og blálitum örvum en á við Atlantssjó og pólsjó annars.

Figure 1. Map showing standard sections used in routine hydrographic and plankton research around Iceland. Depth contours are shown for 200, 500 and 1000 m. Also shown are the main ocean currents (adapted from Valdimarsson et al. 2012, ICES Journal of Marine Science, 69: 816-825). Red arrows: Atlantic Water or mixed water; blue arrows: Polar Water or mixed water; black arrows: Coastal current. Light red and light blue colored arrows north of Iceland indicate diminishing influences of the Atlantic or Polar water respectively.

Grænlands-Íslands- Skotlands hryggurinn einnig mikil áhrif. Tiltölulega hlýr Atlantssjór er þannig ríkjandi sjógerð fyrir sunnan land, en kaldari sjór fyrir norðan, aðallega myndaður við blöndun þess hluta hlýja Atlantssjávarins sem leggur norður fyrir land við kaldari sjógerðir fyrir norðan (1. mynd).

Vegna legu landsins á mörkum hlýrra og kaldra hafstrauma eru umhverfisaðstæður hér við land mjög breytilegar, bæði í tíma og rúmi. Þannig má segja að ástand sjávar hér við land sé tiltölulega óstöðugt, sérstaklega fyrir norðan þar sem innflæði hlýs Atlants-sjávar er mjög breytilegt frá einu ári til annars. En það er einmitt þessi breytileiki sem á sinn þátt í því að íslenska hafsvæðið er eins frjósamt og raun ber vitni. Þannig stuðla bæði vindar og straumar að því að nýr forði næringarefna berst upp til efri sjávarlaga þar sem hann nýtist svifþörungunum til vaxtar. Svifþörungarnir eru svo sú undirstaða sem annað líf í sjónum hvílir á. Á hinn bóginn stuðlar þessi sami breytileiki einnig að því að sveiflur frá ári til árs í framleiðni dýrastofna hér við land geta orðið tiltölulega miklar. Af þessum sökum er mikilvægt að fylgjast vel með breytingum ár frá ári í umhverfis-þáttum og vexti og viðgangi dýrastofna á lægstu þrepum fæðuvefsins.

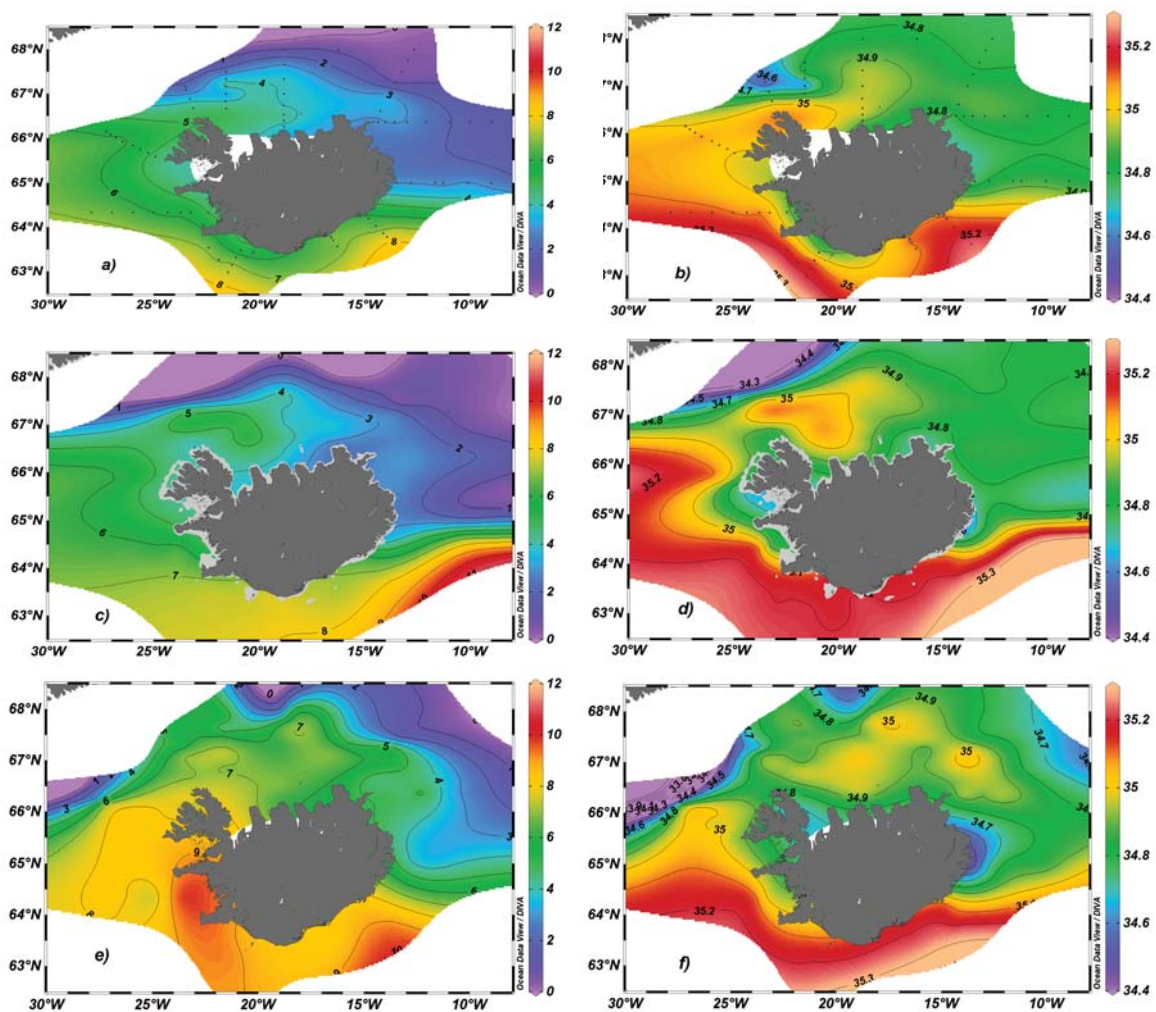
Flókið samspil margra umhverfisþátta hefur áhrif á fæðuvefinn í sjónum og þar með á vöxt og viðgang nytjastofna við landið. Á hverju ári fylgist Hafrannsóknastofnun því með helstu umhverfisþáttum og svífsamfélögum á Íslandsmiðum. Hér á eftir verður gerð grein fyrir niðurstöðum athugana sem gerðar voru á árinu 2015.

Á tímabilinu frá febrúar 2015 til ágúst 2015 voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland á þremur árstíðum. Mælt var á staðalsniðum (1. mynd): í vetrarleiðangri í febrúar, vorleiðangri í maí og í ágúst í tengslum við straummælingar. Þetta var annað árið í yfir 40 ár þar sem engar mælingar fóru fram að hausti (í nóvember). Í vorleiðangri var mældur styrkur næringarefna og magn og tegundasamsetning bæði plöntu- og dýrasvífs. Hiti, selta, næringarefnastyrkur og magn bæði plöntu- og dýrasvífs var þessutan mælt í síldar- og kolmunnaleiðangri í maí og makrílleiðangri í júlí og ágúst. Gögn úr öllum þessum leiðöngrum eru notuð í yfirlitinu hér á eftir. Þá verður lýst magni eiturþörunga á völdum stöðum á grunnsævi umhverfis landið.

Hiti og selta / *Temperature and salinity*

Efri lög / *Upper layers*

Á árinu 2015 var hiti sjávar fyrir sunnan og vestan land um eða undir meðallagi þess tíma sem mælingar hafa staðið. Hiti í efri lögum sjávar fyrir norðan land var framan af árinu um meðallag en yfir meðallagi seinni hluta þess. Seltan var undir langtímameðaltali í byrjun árs en hækkaði í meðallag í lok sumars. Úti fyrir Norðausturlandi var seltan lægri en verið hefur undanfarin ár en hiti seinni hluta árs í efri lögum sjávar var með hæstu gildum sem mælst hafa eftir 1970.



2.mynd. Vinstri dálkur sýnir sjávarhita (°C) og hægri dálkur seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland, í febrúar (a og b), maí (c og d) og ágúst (e og f) 2015.

Figure 2. Sea temperature (°C, left panel) and salinity (right panel) at 50 m depth around Iceland in February (a and b), May (c and d) and August (e and f) 2015.

Hiti og selta í hlýsjónum sunnan og vestan við landið fóru hækkandi eftir 1995 og þar til 2003 og 2004 en þá mældist mesta útbreiðsla hlýsjávar umhverfis landið í 30 ár. Gildi lækkuðu lítillega 2005 eftir að hafís rak inn á Norðurmið í lok vetrar. Eftir árið 2005 voru hiti og selta í hlýja sjónum sunnan og vestan við land áfram vel yfir meðallagi, en hiti hafði heldur lækkað frá árunum 2003 og 2004. Útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land var síðan heldur minni en þó um eða yfir meðalagi árin 2005 – 2007. Árin 2008, 2009 og 2010 jókst útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land einkum að sumrinu og yfirborðslög voru áberandi heitari en 2007. Árin 2011 til 2014 voru hiti og selta yfir meðallagi fyrir sunnan og vestan land, höfðu þó lækkað frá áratugnum áður.

Í vetrarleiðangi í febrúar 2015 var hlýsjórinn fyrir sunnan og vestan land kaldari og ferskari en verið hefur undanfarin fimmtán ár og var nú um eða undir meðallagi heitur

og saltur (2. mynd a,b). Atlantssjávar gætti lítillega norður fyrir Vestfirði og austur á Hornbanka. Á Norðurmiðum voru hiti og selta um eða undir meðallagi þessa árstíma ($\sim 2-4^{\circ}\text{C}$, $\sim 34,7$) og hvort tveggja heldur lægra en á sama árstíma árið áður. Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi voru yfir meðaltali ($1-4^{\circ}\text{C}$, $\sim 34,7$).

Í vorleiðangri, í maí (2. mynd c,d), var Atlantsjórinn að sunnan lítillega yfir eða í meðallagi bæði í hita og seltu (hiti $6-8^{\circ}\text{C}$ og selta $35,0-35,2$). Innflæði hlýsjávarins inn á Norðurmið hafði tekið vel við sér og gætti austur fyrir Sléttu. Hiti og selta úti fyrir Mið-Norðurlandi var um og yfir meðaltali þessa árstíma ($3-5^{\circ}\text{C}$ og $34,7-35,0$). Í Austur-Íslandsstraumi mældist hiti yfir meðallagi en selta um meðallag. Úti fyrir Austfjörðum voru sjávarhiti og selta í efri lögum sjávar nærri meðallagi þessa árstíma.

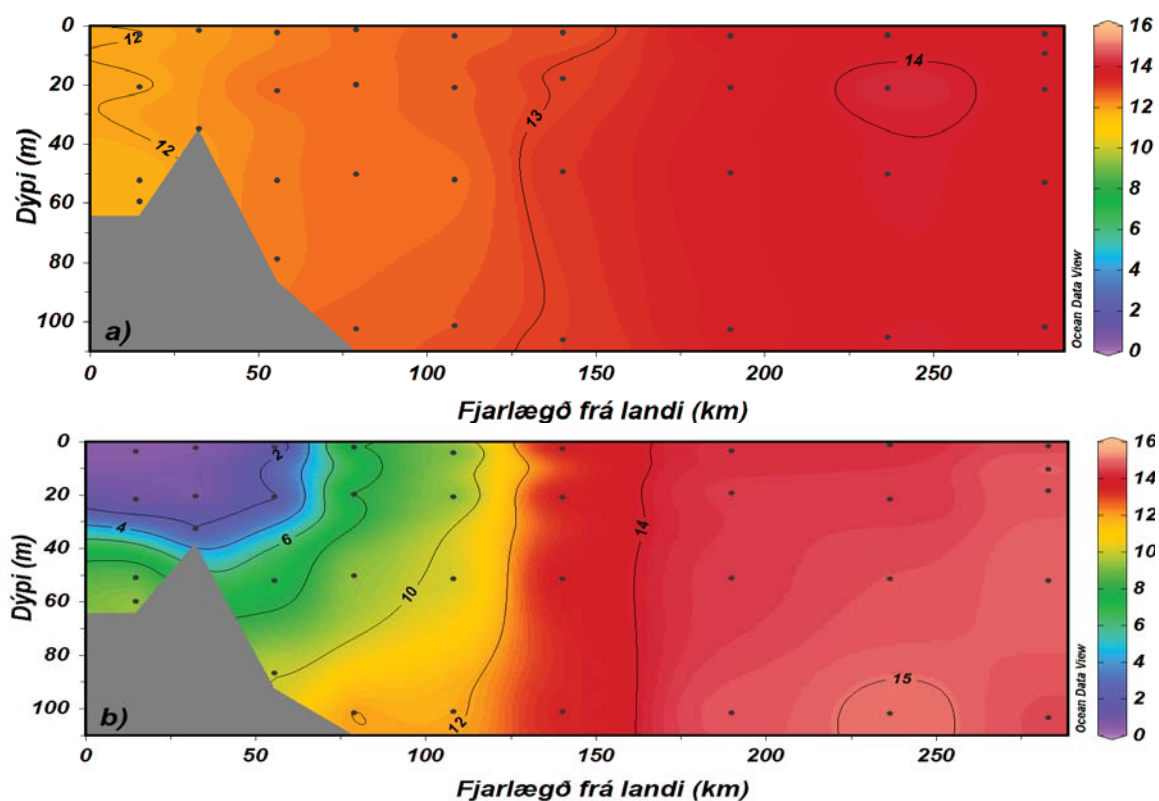
Í ágúst 2015 (2. mynd e,f) var hiti efri laga sunnan og vestan við land nálægt meðaltali síðustu fjórtíu ára, en nokkru lægri en verið hefur síðustu átatugi. Fara þarf aftur til ársins 1995 til þess að finna álíka hita mældan í efra lagi sjávar að sumartíma. Selta var sömuleiðis lægri en þó nærri meðallagi fyrir árstímann. Fyrir norðan land voru efri lög sjávar heldur yfir meðallagi bæði í hita og seltu. Úti fyrir Norðausturlandi í Austur-Íslandsstraumi var hiti efri laga nærri meðaltali. Sumarhiti við Norð-Austurland hafði lækkað nokkuð frá fyrra ári. Austur af landinu voru hiti og selta yfir langtímameðaltali.

Í megindráttum má segja að árið 2015 hafi hiti í efri lögum sjávar sunnan og vestan við landið verið um langtímameðallag eða undir því, en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið. Selta hafði hækkað lítillega frá því sem var 2013 og 2014, en lækkun sjávarhita gætti víða um norðanvert Atlantshaf í efri lögum sjávar um norðanvert Alants haf árið 2015. Leiða má líkum að því að lækkunin stafi af sterkri lóðréttri blöndun sjávar djúpt suðvestur af landinu, á Labradorhafi og Grænlandshafi tvo undangengna vetur, en sjó af þessum svæðum ber svo upp að íslenska landgrunninu og á endanum norður fyrir land í einhverjum mæli.

Næringarsölt / *Nutrients*

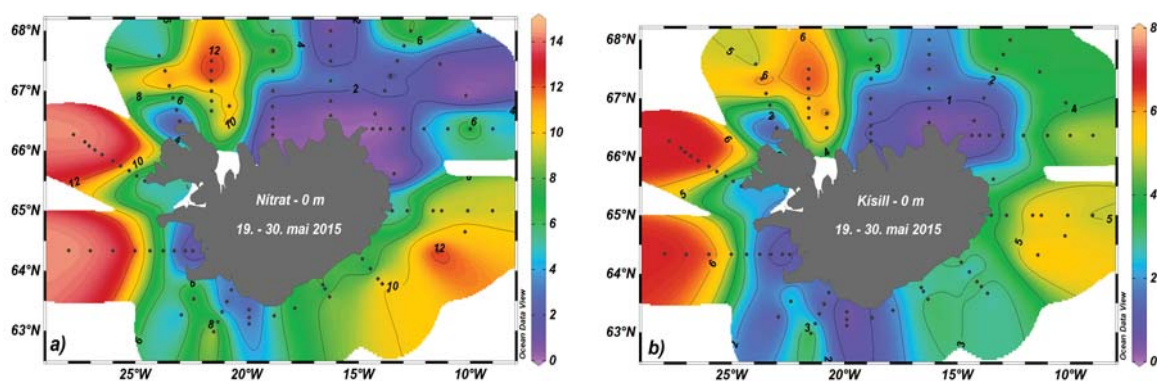
Styrkur næringarefna var kannaður í maí á hafsvæðinu umhverfis Ísland og einnig var gerð mæling á völdum rannsóknasniðum (1. mynd) í febrúar. Styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar breytist reglulega með árstíma. Árlegt hámark er síðla vetrar þegar lóðrétt blöndun sjávarins nær langt niður í vatnsúluna og færir uppleyst næringarefni til yfirborðsins. Styrkur uppleystra næringarefna nærri yfirborði lækkar að vori þegar svifþörungur fara að vaxa.

Styrkur nitrats í efstu 100 metrunum á Faxaflóasniði 10. – 11. febrúar 2015 er sýndur á 3. mynd a. Nítratstyrkur var lítið lægri nær landi heldur en á ystu stöðvunum og var að meðaltali $12,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ á stöðvum 1 – 3. Yst á sniðinu var styrkurinn $13,9 \mu\text{mol l}^{-1}$ í efstu 200 metrunum á stöðvum 8 – 9. Á 3. mynd b er sýndur nítratstyrkur á sömu stöðvum í maí. Lækkun hafði orðið á nítratstyrk á stöð 1 – 5 vegna frumframleiðni sú lækkun var



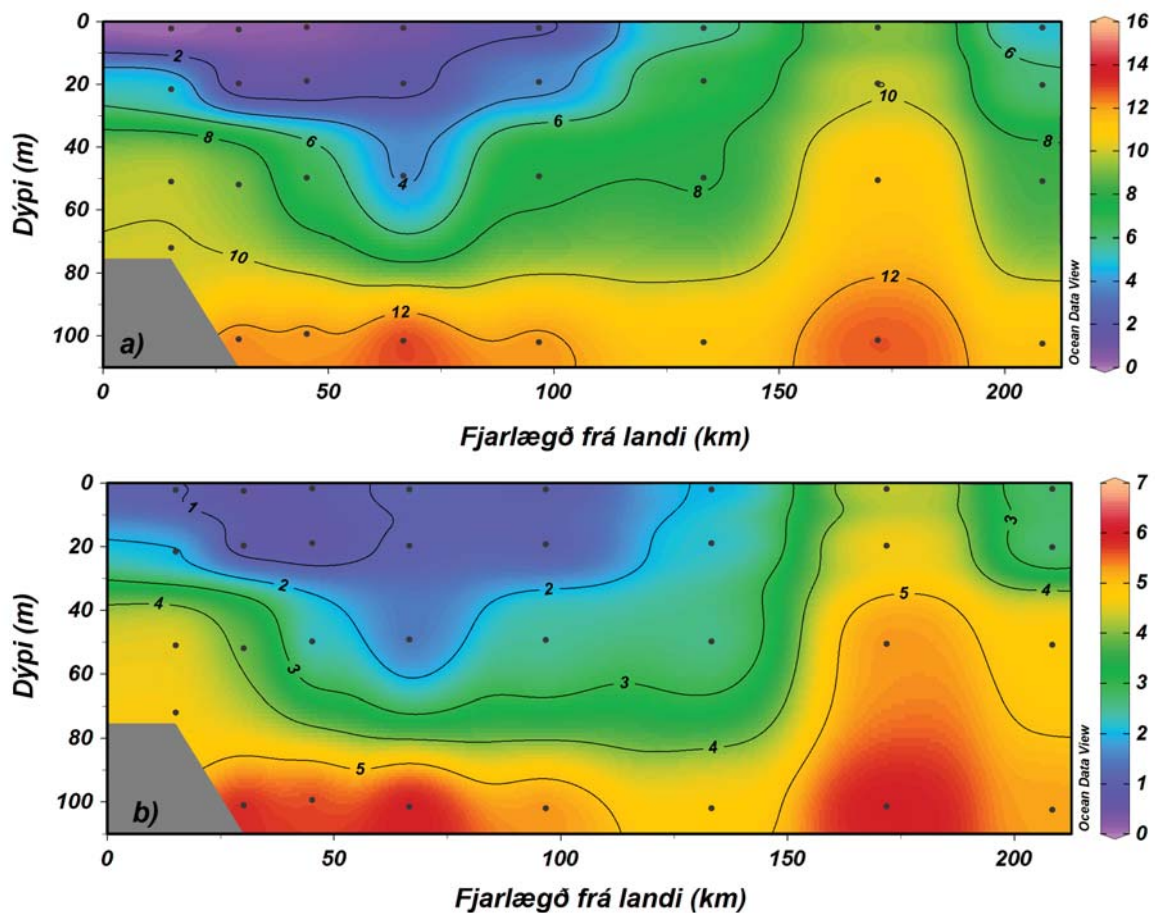
3. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Faxaflóasniði a) 10. – 11. febrúar 2015 og b) 19. – 20. maí 2015.

Figure 3. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on the Faxaflói section a) 10-11 February 2015 and b) 19-20 May 2015.



4. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 19. – 30. maí 2015, a) níturat (NO_3 , $\mu\text{mol l}^{-1}$) og b) kísill (Si , $\mu\text{mol l}^{-1}$).

Figure 4. Nutrient concentrations at the surface in Icelandic waters 19-30 May 2015 a) nitrate (NO_3 , $\mu\text{mol l}^{-1}$) and b) silicate (Si , $\mu\text{mol l}^{-1}$).



5. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) og b) kísils ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Siglunessniði 23. maí 2015.

Figure 5. Vertical profiles of a) nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) and b) silicate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on the Siglunes section 23 May 2015.

Þó mest nærri landi en á ystu stöðvunum voru gildin nær óbreytt frá því sem mældist í febrúar.

Dreifing nítrats og kísils við yfirborð á rannsóknasvæðinu dagana 19. – 30. maí 2015, sést á 4. mynd. Víða á grunnsævi hafði styrkur næringarefna lækkað verulega frá vetrargildum. Lagskipting í styrk næringarefna yfir landgrunninu var einkum norðan lands og austan. Styrkur næringarefna við yfirborð í Faxaflóa var lágur en djúpt úti af flóanum og út fyrir landgrunnsbrún var styrkurinn nær óbreyttur frá vetrargildum.

Vestur af landinu hafði styrkur næringarefna lækkað lítillega en vorblómi svifþörungna var ekki afstaðinn þar. Úti fyrir Norðurlandi og austur fyrir Langanes var styrkur næringarefna í efstu metrum sjávar orðinn mjög lágur og ljóst að mikill blómi svifþörungna hafði þegar orðið á þeim slóðum. Suðaustan lands var styrkurinn hins vegar enn all hár. Úti fyrir Suðurlandi hafði orðið töluverð lækun á styrk næringarefna, en þar var þó enn til staðar töluvert köfnunarefnis sem gat staðið undir áframhaldandi vexti svifþörungna

(4. mynd). Lækkun á styrk kísils í yfirborðslögum norðan og sunnan lands fylgdi vel lækkun á nítratstyrk og það bendir til þess að kísilþörungar hafi staðið fyrir stórum hluta vorblómans þar.

Dreifing nítrats og kísils með dýpi á Siglunessniði í maí er sýnd á 5. mynd. Af niðurstöðum mælinganna má greina að upptaka á þessum næringarefnum nær niður á meira en 50 metra dýpi.

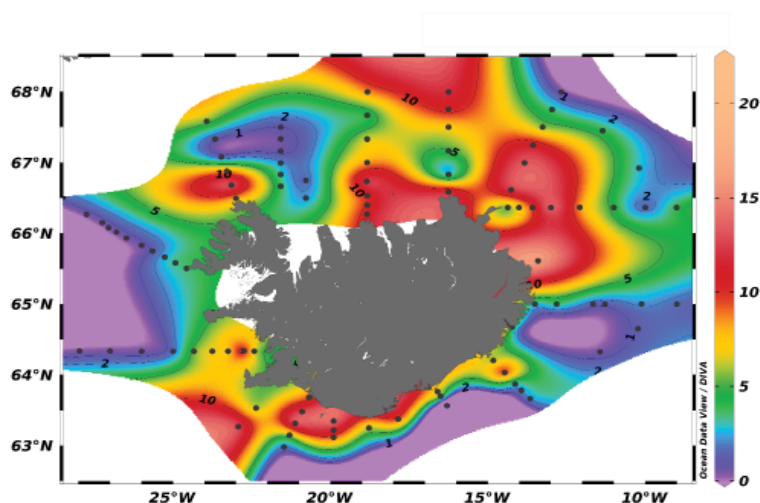
Svifþörungar *Phytoplankton*

Blaðgræna gegnir lykilhlutverki við ljóstillífun gróðurs. Hér er litið svo á að magn blaðgrænu standi í réttu hlutfalli við lífmassa svifþörungar, enda eru svifþörungar nánast eini gróðurinn sem þrífst í hafinu utan strandsvæða.

Niðurstöður mælinga á blaðgrænu miðað við rúmmál eru því vísbending um magn svifþörungar. Gera ráð fyrir að frumframleiðsla/vöxtur svifþörungar

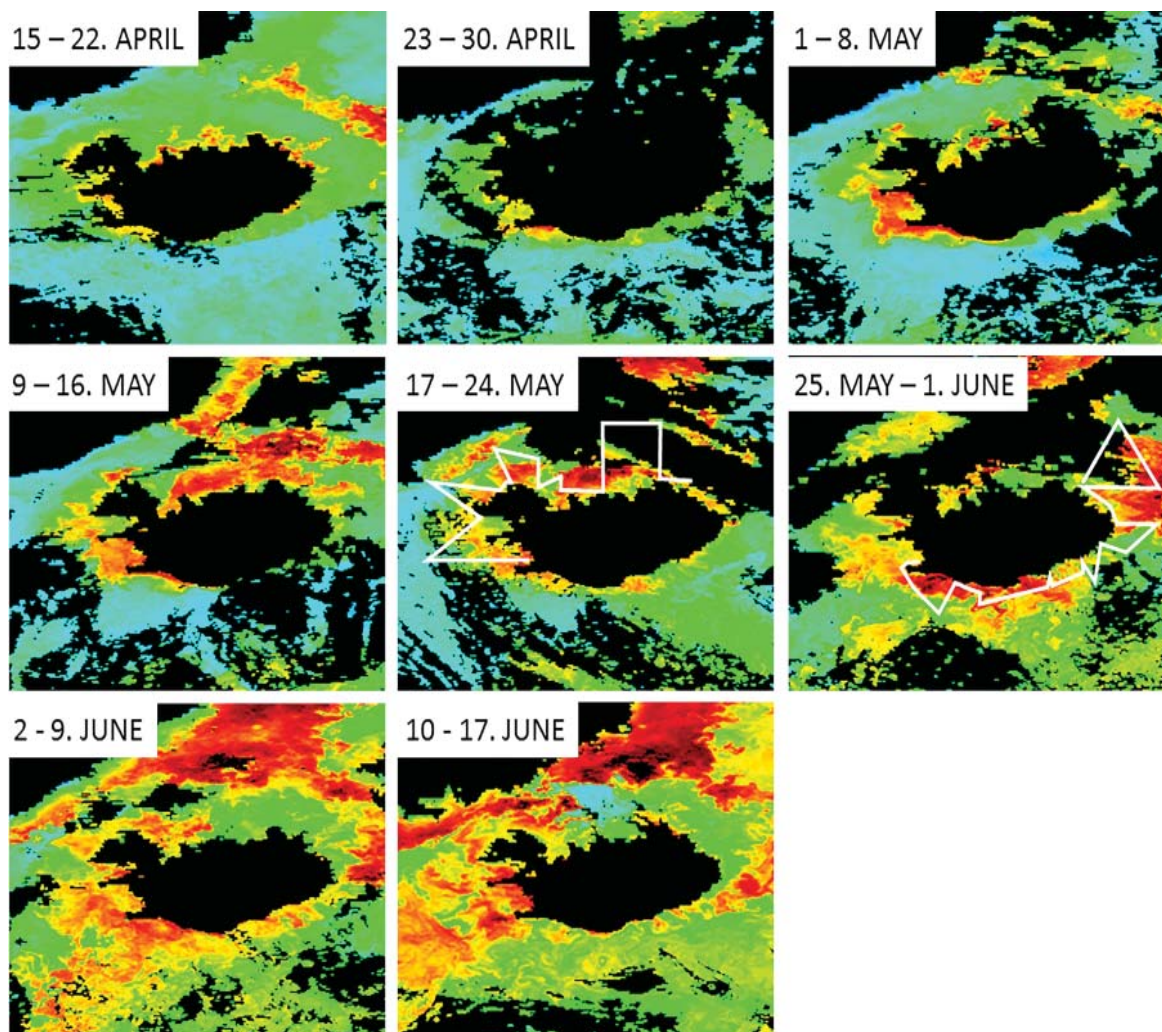
sé í réttu hlutfalli við magn svifþörungar í yfirborðslagi sjávar, þó hluti framleiðslunar sé étinn af svifdýrum eða botnfalli. Dreifing blaðgrænu á 10 metra dýpi, samkvæmt niðurstöðum mælinga á sjósýnum sem safnað var seinni hluta maí 2015, er sýnd á 6. mynd.

Niðurstöður mælinga á blaðgrænu í hafinu umhverfis Ísland til margra ára hafa sýnt að yfir gróðurtímabilið má vænta þess að efstu 20 metrar vatnssúlunnar sé uppblandaður. Það rímar líka almennt við niðurstöður í dreifingu hita og seltu að eðlislétt yfirborðslag liggur yfir eðlisþyngri sjó. Styrkur uppleystra næringarefna í efstu metrum sjávar er mestur í lok vetrar, en lækkar í takt við vöxt gróðursins, eins og vikið er að í kaflanum hér að framan. Af lækkun á styrk næringarefna (sbr. 5. mynd) er ljóst að vöxtur svifþörungar nýtir næringarefni á mun dýpra en nemur ofangreindu uppblönduðu yfirborðslagi. Ljóstillífunarlagið nær oft á tíðum niður á meira dýpi.



6. mynd. Magn a-blaðgrænu (mg m^{-3}) á 10 metra dýpi í hafinu umhverfis Ísland, 19. – 30. maí 2015.

Figure 6. Distribution of chlorophyll a (mg m^{-3}) around Iceland, 19 – 30 May 2015.



7. mynd. Dreifing a-blaðgrænu (mg m^{-3}) við yfirborð, skv. fjarmælingum NASA í hafinu umhverfis Ísland frá miðjum apríl til miðs júní 2015. Hvítar línur á myndum frá síðari hluta maí sýna leiðarlínur rannsóknaskips Hafrannsóknastofnunar í vorleiðangri, á viðkomandi tímabilum. Birt með góðfúslegu leyfi bandarísku Geimferðastofnunarinnar, NASA.

Figure 7. Changes in distribution of chlorophyll a (mg m^{-3}) around Iceland according to NASA, VIIRS satellite data, from mid April to mid June 2015. The corresponding cruise track for the Marine Research Institute research ship during the annual monitoring in spring is shown as white lines in late May. With compliment to Ocean Color Data, NASA OB.DAAC.

Ef rýnt er í dreifingu á styrk næringarefna (4. mynd) og dreifingu blaðgrænu (6. mynd) má átta sig betur á framvindu gróðurs. Sjá má hvar frekari gróðuraukningar má vænta, hvar gera má ráð fyrir að dragi úr vexti svifgróðurs vegna skorts á næringarefnum, eða að vöxturinn sé yfirstaðinn og frekari vöxtur alfarið háður endurnýjun næringarefna.

Í samræmi við framangreint sést að hámark vorblóma var yfirstaðið í innanverðum Faxaflóa í upphafi leiðangurs um miðjan maí, og að nánast engin gróðuraukning hafði átt sér stað vestur af landinu, ef unan eru skildar grynnsu stöðvarnar og afmarkaður

flekkur á innanverðu Kögursniði (6. mynd). Niðurstöðurnar sýna hins vegar umfangsmikinn og nær samfeldan gróðurflekk frá Siglunessniði og austur fyrir landið. Næringarefni á umræddu svæði voru að mestu upp urin, svo frekari framvinda gróðurs þar er háð endurnýtingu eða endurnýjun næringarefna.

Fremur lítill gróður fannst á suðausturhluta rannsóknasvæðisins og þar var tiltölulega hár styrkur næringarefna. Fastlega má gera ráð fyrir að þar hafi einhver gróðuraukning átt sér stað fyrr um vorið, en erfitt að geta sér til um hver urðu afdrif frumframleiðslunnar. Yfir landgrunni Suðurlands var talsverður gróður og verulega gengið á næringarefnaforðann. Líklega hittist þar nánast á vorhámark ársins.

Framvindu svifgróðurs á rannsóknasvæðinu má ennfremur ráða af litbrigðum sjávar sem draga má framsamkvæmt niðurstöðum fjarmælinga frá gervihnöttum. Litur í endurvarpi frá yfirborði hafsins ræðst fyrst og fremst af magni blaðgrænu í efstu metrum sjávar. Um nokkra ára skeið hefur notagildi slíkra upplýsinga verið til athugunar fyrir rannsóknasvæðið. Tímaruna myndbrota sem sýna dreifingu blaðgrænu við yfirborð fyrir átta daga í senn er tekin saman í 7. mynd til glöggvunar á framvindu gróðurs vorið 2015. Til að auðvelda samanburð við fyrrgreindar niðurstöður mælinga á sjósýnum hefur leiðarlínum rannsóknaskips í vorleiðangri verið bætt inn á viðkomandi myndbrot (sótt á <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>).

Sjá má gróðuraukningu meðfram ströndum og inn á fjörðum og flóum snemma í apríl. Þess utan er áberandi gróðuraukning í köldum og seltulágum Austur-Íslandsstraumi djúpt norðaustur af landinu. Fram yfir miðjan maí er áberandi meiri gróður yfir landgrunninu en utan þess. Í köldum sjó djúpt norðan og austan landsins verða ákjósanleg vaxtarskilyrði fyrir svifgróður fyrr á árinu miðað við framvinduna í hlýrri sjó í úthafinu suður og vestur af landinu. Gera má ráð fyrir að framangreindur munur á framvindu norðaustur og suðvestur af landinu ráðist fyrst og fremst af dreifingu yfirborðssjávar með hlutfallslega lágrí seltu og tilsvarendi lagskiptingu. Um miðjan maí, á þeim tíma sem árlegur vorleiðangur stofnunarinnar er farinn, er einmitt víða að myndast stöðugt hitaskiptalag í hafinu umhverfis landið. Áberandi er hve hratt gróðurinn vex þegar aðstæður eru hagstæðar og að vorblómi gengur fljótt yfir ef vaxtaskilyrði eru góð og styrkur næringarefna takmarkar frekari vöxt. Dýrasvif þrífst af þessum árlega vexti svifgróðurs.

Dýrasvif / Zooplankton

Árið 2015 voru magn og útbreiðsla átu könnuð í síldar- og kolmunnaleiðangri (29. apríl - 21. maí), vorleiðangri (19.-30. maí) og makrílleiðangri (7. júlí-10. ágúst). Í síldar- og kolmunnaleiðangrinum var megináherslan lögð á að rannsaka átumagn í Austurdjúpi en einnig voru teknar rannsóknastöðvar suðvestur og suðaustur af landinu. Í vor- og makrílleiðöngnum voru tekin sýni allt umhverfis landið. Í makrílleiðangrinum var auk þess Grænlandshaf kannað allt suður fyrir Hvarf. Rannsóknirnar

eru liður í umhverfissvöktun Íslandsmiða og stefna auk þess að því að auka skilning okkar á tengslum umhverfispáttá og svifs við vöxt og viðgang fisk-istofnanna við landið.

Í öllum þessum leiðöngrum er sýnataka sambærileg, sýnum safnað úr yfirborðslögum (0-50 m) með fínriðnum háfum (WP2, 200μ) og sýnin stærðarflokkuð um borð með 1 mm sigtum.

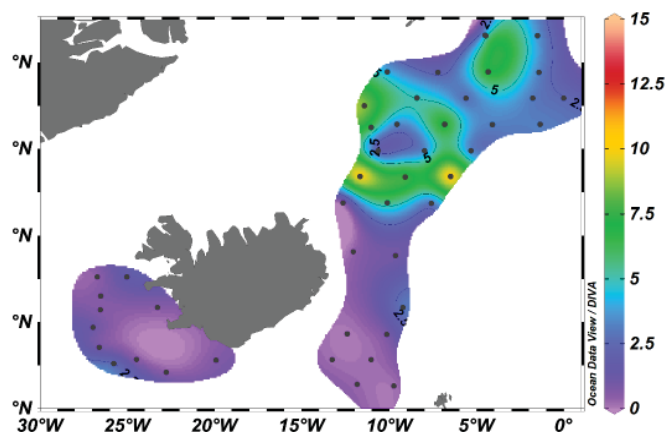
Það sem fer í gegnum sigtin eru aðallega smávaxnari svifdýr, eins og smákrabbaflær, ungstig rauðátu, hrúðurkarla liffur og sjávarflær, en það sem verður eftir eru einkum tiltölulega

stórar krabbaflær t.d. eldri þroskastig rauðátu og póláta en einnig ungstig ljósátu og marflóa. Sýnin eru ýmist varðveitt í formalíni til síðari greiningar í landi eða þau fryst og þurrvigt átunnar mæld í landi strax að afloknum leiðöngrum.

Í vorleiðangri var að auki magn og útbreiðsla ljósátu mæld með bergmálsaðferð, en m.a. vegna þess hversu auðveldlega ljósáta nær að forðast háfa þá gefur hefðbundin sýntaka með fínriðnum háfum úr yfirborðslögum aðeins mjög takmarkaðar upplýsingar um magn og útbreiðslu hennar. Því þarf að beita öðrum ráðum við rannsóknir á útbreiðslu ljósátu. Bergmálgögnin voru að mestu túlkuð og greind jafnóðum um borð í rannsóknaskipi.

Í fyrri hluta maí (síldar- og kolmunnaleiðangur) fannst mjög lítið af átu fyrir suðvestan og austan landið, en djúpt norðaustur af landinu fannst hins vegar mikið (8. mynd). Einkum var mikið af átu norðan við 67°N. Í seinni hluta maí (vorleiðangur) hafði átumagnið á grunnslóð sunnan og vestan við landið aukist talsvert frá því í fyrri hluta maí, bæði stórar og smáar tegundir (9. mynd). Fyrir norðan land var einnig nokkuð af átu. Líkt og í fyrri hluta maí var heildarmagn átu mest djúpt norðaustur af landinu en þar voru rauð- og póláta mest áberandi í sýnunum (9. mynd).

Þegar á heildina er lítið var átumagn í yfirborðslögum við landið í seinni hluta maí (vorleiðangur) um eða undir langtímameðaltali, undir meðallagi á Vestur, Norður- og Austurmiðum en nálægt meðallagi fyrir sunnan. Hins vegar mældist átumagn langt undir meðaltali í fyrri hluta maí (síldarleiðangur) djúpt austur og norðaustur af landinu. Séu niðurstöður um átu úr vorleiðangri bornar saman við vorið 2014 kemur í ljós að átumagnið var minna en þá á flestum svæðum. Rauðáta var áberandi í flestum sýnum,



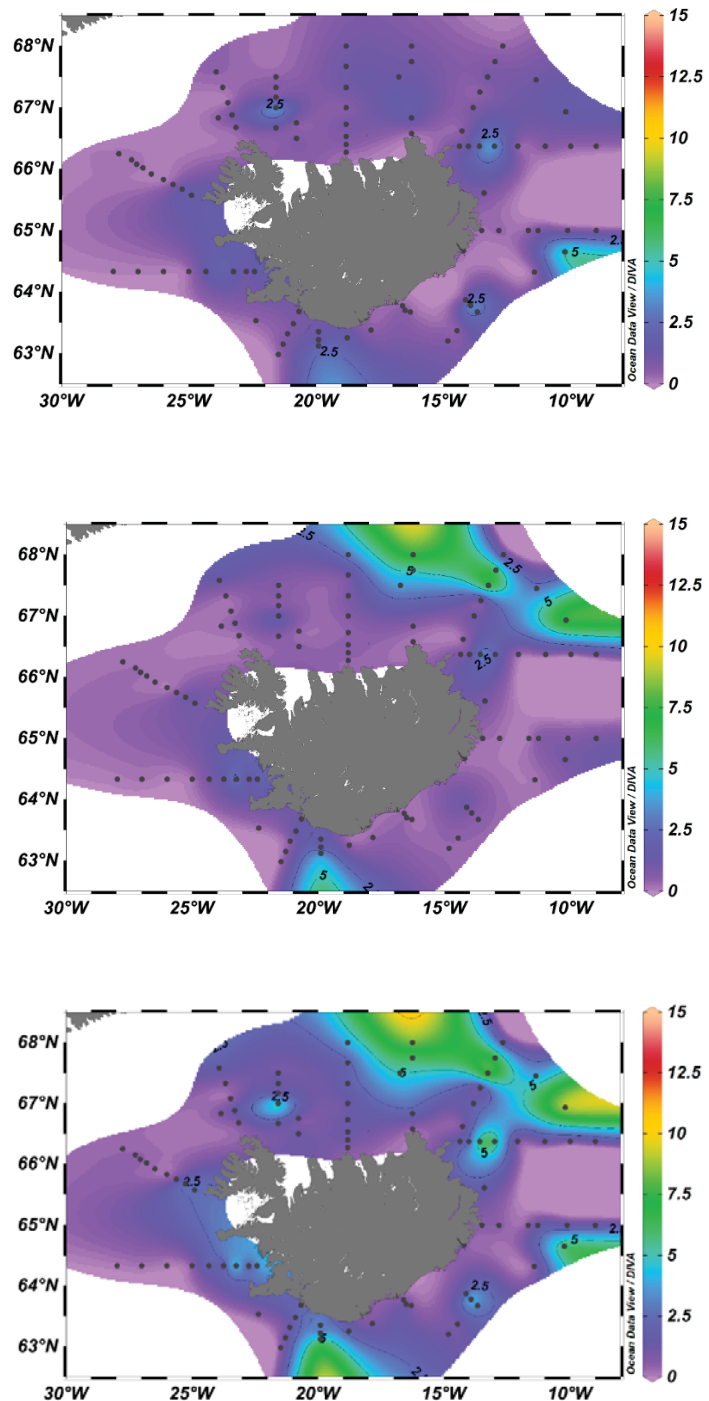
8. mynd. Útbreiðsla dýrasvifs í yfirborðslögum (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) fyrri suðvestan og austan landið og í Austurdjúpi 29. apríl – 21. maí 2015.

Figure 8. Zooplankton distribution (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) south-west and east of Iceland during 29 April – 21 May 2015.

einkum fyrir sunnan og vestan. Í síðari hluta júlí og fram í ágúst (makrílleiðangur) hafði átumagn aukist mjög í yfirborðslögum á flestum stöðum við landið (10. mynd). Magnið var yfirleitt mest utan við landgrunnsbrúnirnar, einkum í Suðurdjúpi, Grænlands-hafi og Austurdjúpi. Eins og í maí var rauðáta algegnasta tegundin.

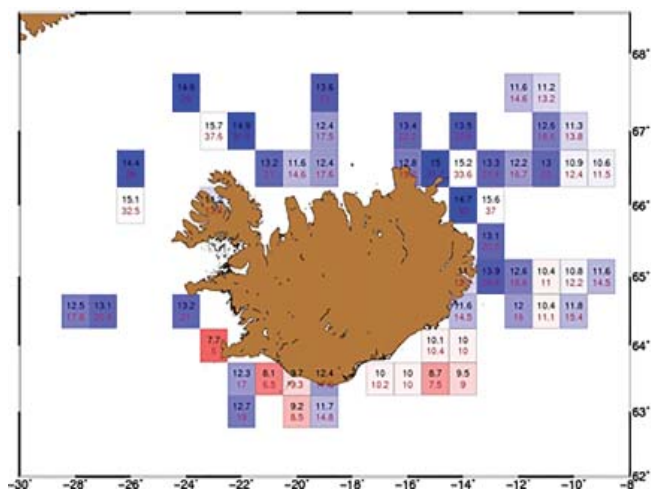
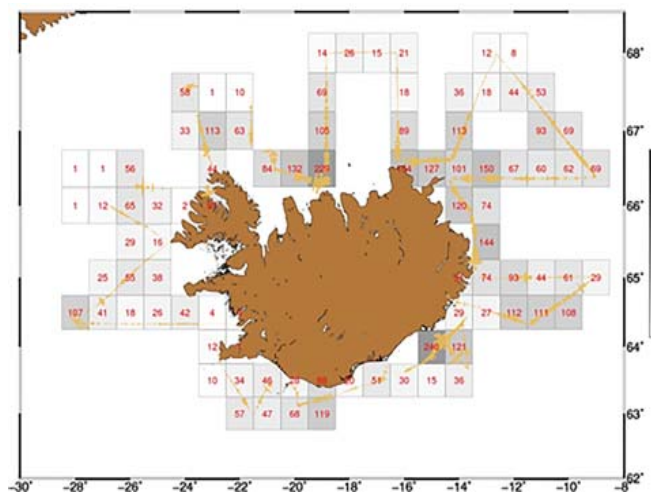
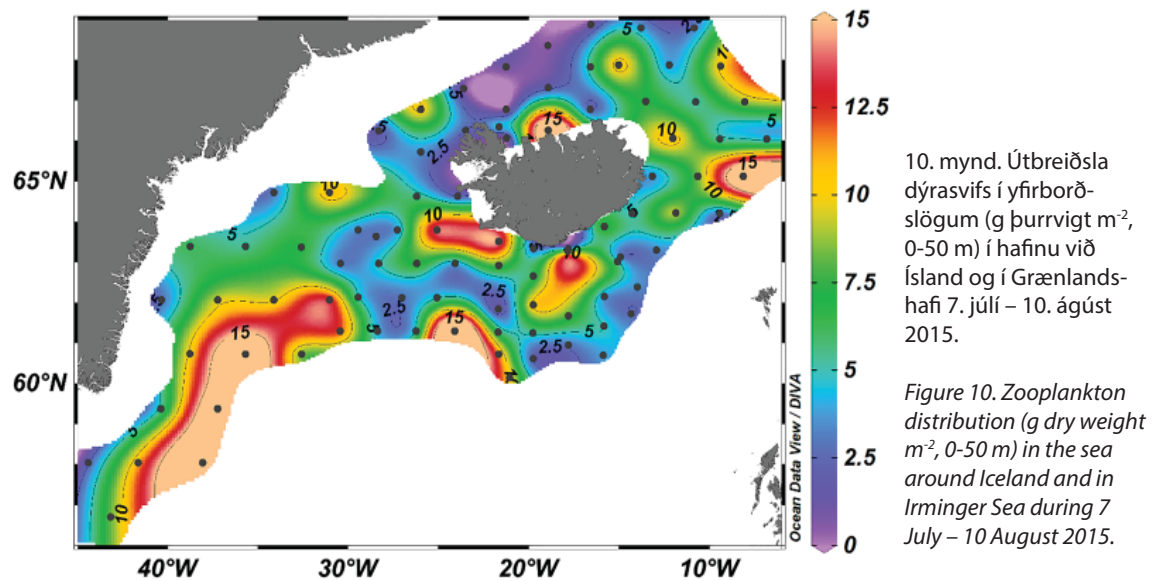
Bergmálsmaelingar á ljósátu í vorleiðangri leiddu í ljós að þéttleikinn var yfirleitt mestur í álum og dýpum nálægt landi (11. mynd a). Fyrir vestan landið var þéttleikinn þannig tilölulega mikill í Kollu- og Víkuráli, fyrir norðan í Skagafjarðardýpi og Eyjafjarðaráli, og fyrir austan í Norðfjarðardýpi. Fyrir suðaustan var mikið af ljósátu í Lónsdýpi og Hornafjarðardýpi. Þá fannst talsvert af ljósátu í Háfadýpi.

Samanburð á endurvarpi á mismunandi tíðnum (38 og 120 kHz) má nota til að áætla hlutfallslegar stærðir ljósátunnar. Ætla má að munur endurvarpsins sé því meiri því smærri sem dýrin eru. Munur á endurvarpi ljósátunnar á 38 og 120 kHz reyndist yfirleitt meiri fyrir norðan land en sunnan (11. mynd b), sem bendir því til að einstaklingarnir þar séu almennt smærri en fyrir sunnan. Þetta er í samræmi við það að yfirleitt kom meira af tiltölulega smávöxnum ljósátutegundum í ljósátuvörpu fyrir norðan land (aungsíli, *Thysanoessa inermis* og kríli, *T. longicaudata*) en stórvaxnari tegund (náttlampi, *Meganyctiphanes norvegica*) var ríkjandi á stöðvum sunnan landsins.



9. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) í hafinu við Ísland 19. – 30. maí 2015; smærri áta (fer í gegnum 1000μ síu, a), stærri áta (verður eftir á 1000μ síu, b) og heild (c).

Figure 9. Zooplankton distribution (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) in the sea around Iceland during 19 – 30 May 2015, divided into $<1000 \mu$ (a), $>1000 \mu$ (b) size classes and total (c).



11. mynd. Bergmálmælingar á ljósáttu í vorleiðangri 19. – 30. maí 2015. Útbreiðsla ljósáttu í vorleiðangri samkvæmt bergmálmælingum (a) og munur 120 og 38 kilóíða endurvarps af ljósáttu (b). Í (a) tákna tölurnar í reitunum meðalendurvarp ljósáttu á 120 kilóíðum innan þeirra og er meðalendurvarpið einnig sýnt með gráskala, því dekkri sem reitirnir eru því meiri er þéttleiki ljósáttu. Leiðarlínur koma fram ljósgrænar og þverstrikir á þeim gefa til kynna meðalendurvarp á hverri sigldri sjómílu. Í (b) gefur efri talan innan hvers reits til kynna hlutfall endurvarps á 120 og 38 kHz og sú neðri gefur muninn upp í decibelum. Því blárrí sem reitirnir eru því meiri munur er á endurvarpi tíðnanna, og því rauðari því minni. Leiðarlínur og meðalendurvarp eru hér sýnt ljósblátt. Reitir með lágu endurvarpi eru ekki sýndir vegna hugsanlegra þröskuldaáhrifa.

Figure 11. Acoustic registrations of euphausiid abundance during 19 – 30 May 2015. Distribution according to backscattering scrutinized as euphausiids (a) and difference in 120 and 38 kHz backscattering from euphausiids (b). The numbers in the subareas indicate difference in backscattering strength between these two frequencies as proportional values (upper numbers) and in decibels (lower numbers). The color shading indicates the proportional difference from red (small difference) to blue (large difference). Subareas with below certain backscattering values are not included due to possible threshold effects.

Vöktun eiturbörunga / *Harmful algae monitoring*

Vöktun á eiturbörungum fór aðallega fram á fjórum svæðum á árinu 2015 og var með líku sniði og síðustu ár. Vöktunin tekur mið af þeim stöðum þar sem ræktun eða veiðar fara fram á kræklingi en einnig er vaktað í Hvalfirði þar sem almenningur týnir krækling í miklum mæli til matar (12. mynd). Í Hvalfirði er ræktun á kræklingi í undirbúningi og einnig hafa farið þar fram veiðar á botnlægum kræklingi síðustu ár. Vöktun eiturbörunga er eins og áður samvinnu- uverkefni Matvælastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og skelfis kræktenda. Heildarfjöldi sýna árið 2015 var svipaður og undanfarin ár. Alls bárust 78 sýni á árinu 2015 samanborið við 80 sýni árið 2014 og 72 sýni árið 2013. Flest sýni bárust frá Hvalfirði, Kiðey í Breiðafirði og Króksfirði, meira en 20 sýni frá hverjum stað (Tafla 1). Eins og sjá má fór sýnataka fram nær allt árið í Hvalfirði, við Kiðey í Breiðafirði og í Króksfirði (Tafla 1). Í Stakksfirði var vaktað frá janúar til ágústloka. Frá Mjóafirði eystri bárust 3 sýni sem tekin voru á sumri og einnig bárust nokkur sýni úr Steingrímsfirði á árinu 2015, eitt að vori en tvö að hausti.



12. mynd. Sýnatökustaðir vegna vöktunar eiturbörunga árið 2015. 1: Stakksfjörður, 2: Hvalfjörður, 3: Breiðafjörður-Kiðey, 4: Króksfjörður (in Breiðafirði), 5: Steingrímsfjörður, 6: Mjóifjörður eystri.

Figure 12. Sampling areas for monitoring of harmful algae 2015. 1: Stakksfjörður, 2: Hvalfjörður, 3: Breiðafjörður-Kiðey, 4: Króksfjörður (in Breiðafirði), 5: Steingrímsfjörður, 6: Mjóifjörður.

Tvö sýni bárust af öðrum svæðum sem geta þó ekki talist til beinnar vöktunar. Engin sýni bárust úr Pistilfirði en þaðan hafa borist sýni síðustu ár. Í Eyjafirði lagðist skelfisk-ræktun af fyrri hluta árs 2013 og hefur ekki byrjað aftur.

Sýnataka fór fram einu sinni í viku frá maí til september hjá skelræktendum (Stakksfjörður, Breiðafjörður-Kiðey og Króksfjörður) en einu sinni í mánuði þess utan. Í Hvalfirði voru sýni tekin tvisvar í mánuði hið minnsta frá vori til hausts en stundum oftari þegar veiðar fóru þar fram á kræklingi eða tilrauna- uppskera átti sér stað. Sýnataka í vetrarmánuðum var strjál.

Niðurstöður greininga og talninga eiturbörunga voru settar jafnóðum inn á heimasíðu vöktunarinnar (www.hafro.is/voktun) og þar mátti fylgjast með því hvort eiturbörungarfundust á viðkomandi svæðum. Ef þéttleiki eiturbörunga fór yfir tiltekin viðmiðunar mörk var varað við neyslu skelfisks á svæðinu (www.hafro.is/voktun/vidmid).

Tafla 1. Heildarfjöldi vöktunarsýna sem unnin voru frá hverjum vöktunarstað árið 2015.
Table 1. Total number of phytoplankton samples worked out from each sampling place in 2015.

Stakksfjörður	20. janúar – 30. ágúst	8 sýni
Hvalfjörður	12. febrúar – 18. nóvember	21 sýni
Breiðafjörður-Kiðey	24. febrúar – 17. desember	24 sýni
Króksfjörður	6. janúar – 3. desember	25 sýni
Steingrímsfjörður	Maí og október	3 sýni
Mjóifjörður	Júní, júlí, ágúst	3 sýni
Annað	Suma	2 sýni
Samtals		78 sýni

Tafla 2. Lokanir svæða vegna hættu á skelfiskeitrun árið 2015.
Table 2. Closures of monitoring areas according to toxic algal cell counts during 2015.

2015	janúar	febrúar	mars	6.-12. apríl	13.-19. apríl	20.-26. apríl	27.4-3.mai	4.-10. maí	11.-17. maí	18.-24. maí	25.-31. maí	1.-7. júní	8.-14. júní	15.-21. júní	22.-28. júní	29.6-5. júlí	6.-12. júlí	13.-19. júlí	20.-26. júlí	27.7-2. ágúst	3.-9. ágúst	10.-16. ágúst	17.-23. ágúst	24.-30. ágúst	31.8-6. sept	7.-13. sept	14.-20. sept	21.-27. sept	28.9-4. okt	október	nóvember	desember
Stakksfjörður											P		P				DA		A		A				P							
Hvalfjörður				D									D			D	A	DA		D		D		DA				DA	DA		DA	D
Breiðafjörður																		P	P	P												
Króksfjörður																																
Steingrímsfjörður																																
Mjóifjörður eystri												P																				

Sýni ekki til staðar (no sample)

Svæði opið, ekki talin hætta á skelfiskeitrun (open area)

D

Svæði lokað, varað við hættu á DSP-eitrun í skelfiski (Area closed because of Diarrhetic Shellfish Poisoning, DSP)

P

Svæði lokað, varað við hættu á PSP-eitrun í skelfiski (Area closed because of Paralytic Shellfish Poisoning, PSP)

A

Svæði lokað, varað við hættu á ASP-eitrun í skelfiski (Area closed because of Amnisc Shellfish Poisoning, ASP)

Lokanir / *Management*

Nokkuð var um lokanir á uppskeru kræklinga á árinu vegna hættu á skelfiskeitrun (Tafla 2). Oftast var varað við neyslu í Hvalfirði eða 7 sinnum á tímabilinu júní til nóvember aðallega vegna hættu á DSP eitrun í skel. Í Stakksfirði var lokað sex sinnum á tímabilinu maí til ágúst aðallega vegna hættu á PSP og ASP eitrun í skel. Við Kiðey í Breiðafirði var lokað þrisvar í júlí vegna hættu á PSP eitrun í skel. Í Króksfirði kom aldrei til lokunar en þar fundust þó eitraðir svifpörungar af og til en aldrei yfir viðmiðunar mörk- um um fjölda eiturbörunga. Í Mjóafirði eystri var lokað einu sinni (júní) vegna hættu á PSP í skel. Í Steingrímsfirði var ekki varað við neyslu skelfisks.

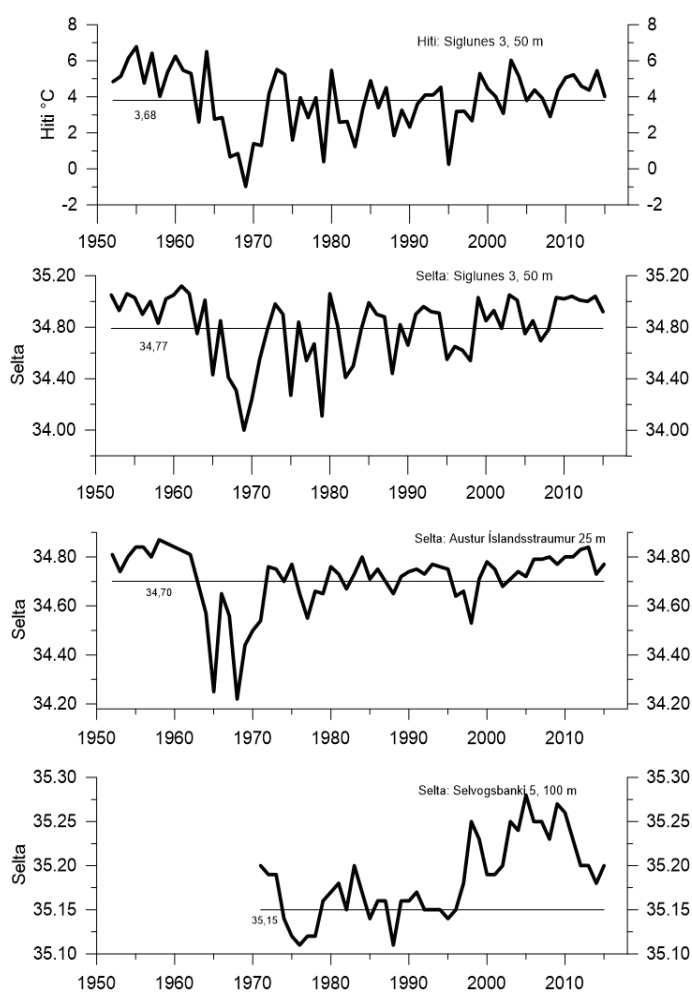
Oftast var varað við hættu á DSP-eitrun í skelfiski vegna fjölda *Dinophysis* tegunda í svifinu eða tólf sinnum. Vegna hættu á PSP-eitrun af völdum *Alexandrium* tegunda var varað við neyslu skelfisks 7 sinnum. Vegna hættu á ASP-eitrun af völdum *Pseudo-nitzschia* tegunda var varað 9 sinnum oftast í Hvalfirði.

2. LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

Niðurstöður mælinga á hita og seltu sjávar (1. kafli) sýna ríkjandi ástand, en með endurteknum mælingum á sama stað og samanburði við niðurstöður fyrri ára má skoða breytingar frá einu ári til annars í ljósi sjógerða og orkuskipta lofts og lagar.

Hiti og selta á Selvogsbanka / Temperature and salinity at Selvogsbanki

Í hlýja sjónum utan við landgrunnsbrún sunnan Selvogsbanka eru umhverfisaðstæður stöðugri en víðast hvar annars staðar við landið. Þó er þar breytileiki í seltu og hita þar eins og annars staðar og skiptast á tímabil með seltu hærri en 35,15 og lægri en 35,15 (13. mynd). Seltan þar var tiltölulega lág á árunum 1974-1978, 1985-1988 og svo aftur 1992-1995. Lágri seltu á Selvogsbanka fylgir jafnan lægra hitastig. Árið 1996 fór selta vaxandi í hlýja sjónum á Selvogsbanka og árin 1997-99 jókst seltan enn frekar og var jafnvel hærri en mælt hafði síðan fyrir hafísárin á sjöunda áratugnum (>35,20). Árið



13. mynd. Hiti og selta á 50 m dýpi á 3. stöð á Siglunessniði, selta á 25 m dýpi í Austur-Íslandsstraumi og selta á 100 m dýpi á 5. stöð á Selvogsbanka. Beinú línurnar tákna meðaltöl fyrir viðkomandi árabíl, nema þar sem annað er tilgreint. Á Selvogsbanka er gildið 35,15 notað til að greina styrk hlýsjávar. Línuna fyrir A-Íslandsstraum má einnig nota til viðmiðunar fyrir hlý og köld ár, en þau gildi eru í raun mörkin þar sem nýismyndun er möguleg, þ.e. ef selta er minni en 34,7. Athugið breyttan seltukvarða fyrir Selvogsbanka. Niðurstöðurnar eru frá rannsóknum að vorlagi og staðsetning stöðva er sýnd á 1. mynd (1. stöð er næst landi).

Figure 13. Temperature and salinity deviations at 50 m depth at station 3 on the Siglunes section, salinity at 25 m depth in the East Icelandic current and salinity at 100 m depth at station 5 of the Selvogsbanki section. The horizontal lines indicate the means for the appropriate intervals, except when otherwise is stated. The numbers are, however, close to the means. At Selvogsbanki the value 35.15 can be used to differentiate between stronger and weaker flow of Atlantic water. The value shown for E-Iceland Current can also be used to differentiate between warm and cold years but it is actually the critical salinity point for the formation of sea ice (34.7). Please notice a different salinity scale for Selvogsbanki. The observations are from spring surveys and the location of stations are given in Figure 1 (the lowest station number is closest to the coast).

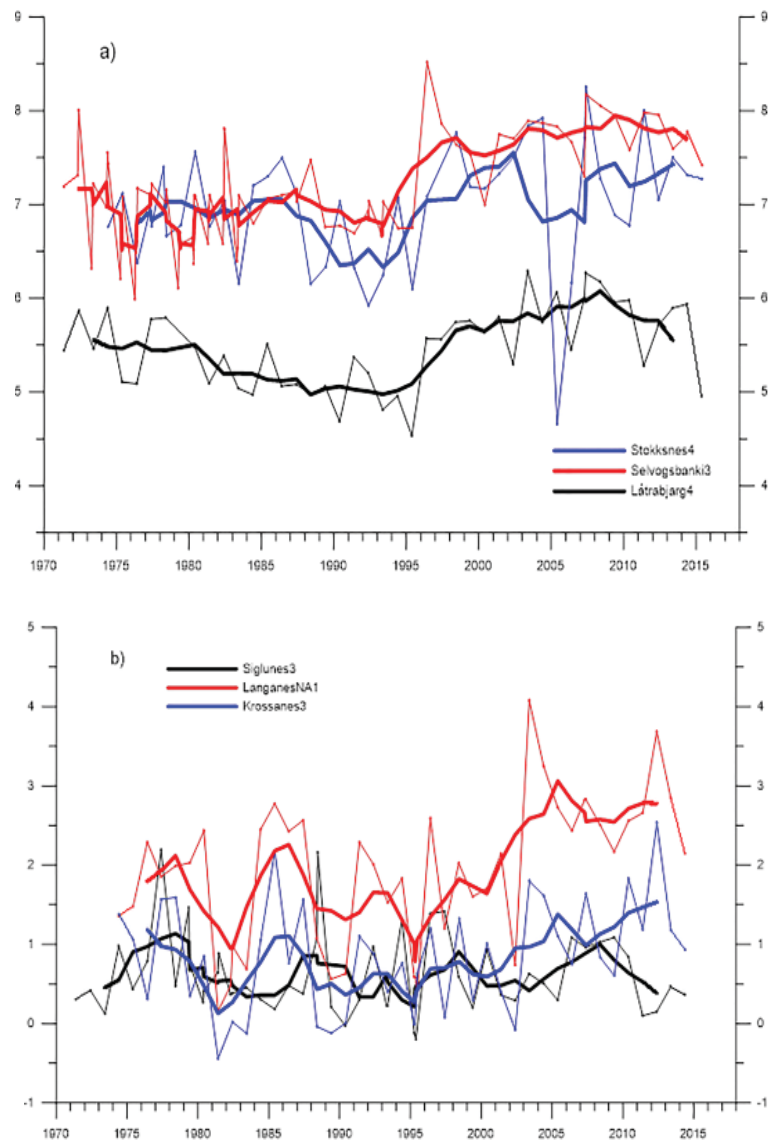
1998 náði seltan hámarki (35,25), síðan lækkaði hún nokkuð en hækkaði aftur 2002 og 2003 í það sama og hún var 1998. Árið 2004 hélst selta áfram há og vorið 2005 mældist hæsta selta miðað við síðustu þrjátíu árin þar á undan. Lækkaði þó nokkuð þegar leið á árið. Selta og hiti voru þó áfram há fyrir sunnan landið árin 2006 til 2008. Vorið 2009 mældist þarna næst hæsta selta síðustu 40 árin, litlu lægri vorið 2010 en lækkaði síðan vorin 2011 til 2014 og var nú sú lægsta frá því 1996. Þessar breytingar á seltu hafa orðið víðar á Norður-Atlantshaf árin eftir 2010.

Vorið 2015 varð veruleg lækkun á hita efri laga úti á Selvogsbanka líkt og vestur af landinu. Margt bendir til að veruleg lóðrétt blöndun annan veturinn í röð hafi orðið á Labradorhafi og Grænlandshafi vegna þráláttra norðlægra og norðvestlægra vindátta. Þessi sjór hefur svo smám saman borist upp að sunnan- og vestanverðu landinu og komið fram sem veruleg kólnun efri sjávarlaga eða um 1°-2°C lækkun. Þetta var einkum áberandi í mælingum vorleiðangurs árið 2015. Einungis voru gerðar athuganir á föstum stöðvum í ágúst mánuði eftir þessa vorathugun. Þá reyndist hiti yfirborðs laga sunnan og vestan við landið um 1°C lægri en undanfarin sumur (sjá 1. kafla, hér að framan). Breytingar í hlýsjónum sunnan við landið skila sér síðan oft í áhrifum á ástand sjávar fyrir norðan land þegar litið er til lengri tíma.

Hiti og selta á Norðurmiðum / *Temperature and salinity on the north shelf*

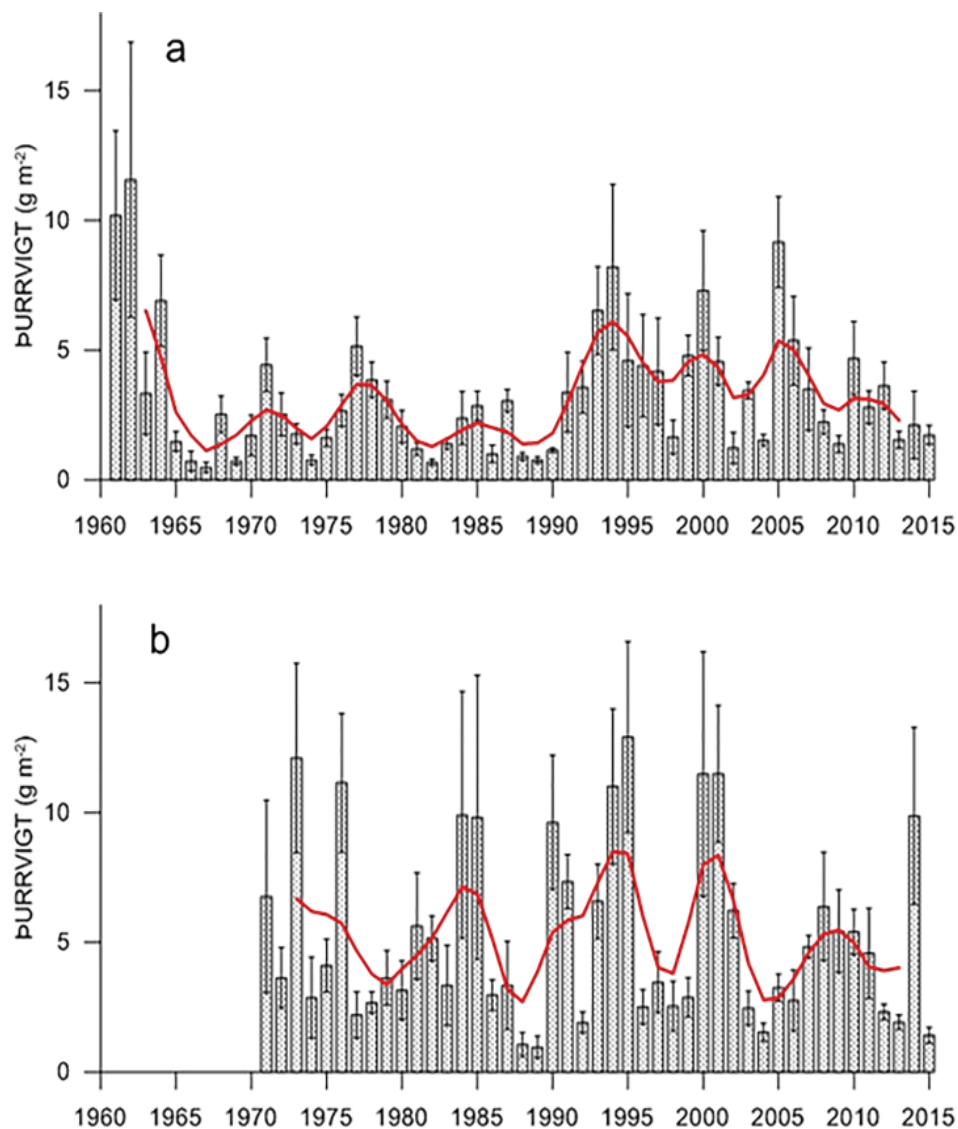
Hitastig og selta hafa verið mæld árlega að vori út af Siglunesi í yfir hálfa öld (13. mynd). Eftir hlýindaskeið á norðanverðu Norður-Atlantshafi tók að kólna um miðjan sjöunda áratugin er við tóku hafísár 1965-71 með köldum og seltulágum pólsjó í Íslandshafi.

Eins og sjá má á 13. mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlýrri“ ár (1972-74, 1980, 1984-87, 1991-94) og „kaldari“ ár (1975, 1977, 1979, 1981-83, 1988-90, 1995, 1998) á Norðurmiðum. Þeim síðarnefndu má skipta í pólsjávarár og svalsjávarár eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Þannig hafa árin 1981-83, 1989, 1990 og 1995 flokkast til svalsjávarára í sjónum fyrir Norðurlandi, en þá var lagskipting tiltölulega lítil. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995. Niðurstöður frá árunum 1996-98 sýna að heldur hlýnaði á Norðurmiðum eftir 1995. Þessi ár lá þó stundum ferskt og svalt yfirborðslag ofan á selturíkum hlýsjónum. Árið 1999 var sjórinn fyrir norðan vel yfir meðallagi bæði hvað varðar hita og seltu. Síðan dró lítillega úr áhrifum hlýsjávar undan Norðurlandi næstu ár og voru þau í meðallagi samkvæmt mælingum vorið 2002. Hiti og selta, yfir landgrunninu, voru svo almennt vel yfir meðallagi árið 2003 og einkum var útbreiðsla hlýsjávar mikil. Útbreiðslan minnkaði lítillega árið 2004 með heldur lægri hita og seltu. Það einkenndi áratuginn 2000 til 2010 að hiti og selta efri laga að vori hafa verið oftar yfir meðallagi en undir og að vetrarhiti og selta hafa verið yfir eða nærri meðallagi að frátöldu árunum 2002. Árin 2011 til 2014 lækkaði vetrarselta nokkuð einkum á Norðurmiðum einkum vestanvert, en hækkaði aftur 2015.



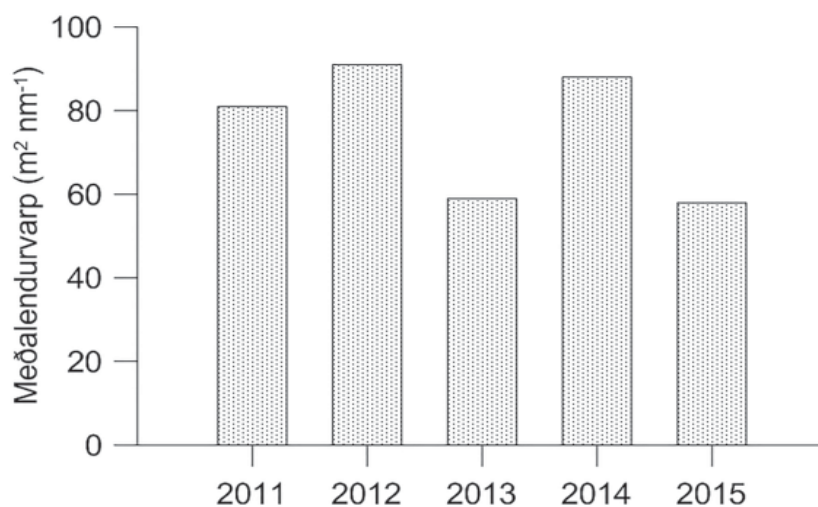
14. Mynd. Botnhiti á völdum stöðvum umhverfis landið að vori (sjá 1. mynd). Tekið er meðaltal af 50-100 m vatnssúlu yfir botni og þannig fengin tímaröð af nánast ársfjórðungslegum mælingum (þunn lína). Einnig er sýnd þykk lína fyrir 5 ára keðjumeðaltal. Gildi frá árunum fyrir 1990 eru meðaltal línulega brúaðra óreglulegra punktmælinga (sjótaka). Gildi frá árunum eftir 1990 eru meðaltal samfelldra mælinga eftir dýpi (sírita). a) Botnhiti á stöðvum sunnan og vestan við landið. Stokksnes4 (botndýpi um 540 m), Selvogsbanki3 (botndýpi um 150 m) og Látrabjarg4 (botndýpi um 180 m). b) Botnhiti á stöðvum norðan og austan við land. Siglunes3 (botndýpi um 470 m), Langanes NA1 (botndýpi um 190 m) og Krossanes3 (botndýpi um 210 m).

Figure 14. Time series of near-bottom temperature in spring at selected stations on the Icelandic shelf (see figure 1). Mean of 50 - 100m depth interval above bottom (thin line) and approximately 3 years running mean (thick line). Values from before 1990 are from interpolated water-sampler data. Values from after 1990 are from CTD data. a) Near-bottom temperature at stations south and west of Iceland. Stokksnes 4 (bottom depth about 540 m), Selvogsbanki 3, (bottom depth about 150 m) and Látrabjarg 4 (bottom depth about 180 m). b) Near-bottom temperature at stations north and east of Iceland. Siglunes (bottom depth about 470 m), LanganesNA1 (bottom depth about 190 m) and Krossanes3 (bottom depth about 210 m).



15. mynd. Breytingar í átumagni (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) að vorlagi á Siglunessniði árin 1961-2015 (a) og Selvogsbankasniði árin 1971-2015 (b). Súlurnar sýna meðaltöl allra stöðva á sniðinu. Staðalskekkja er sýnd með lóðréttum strikum. Einnig er sýndur reiknaður ferill (5 ára keðjumeðaltöl, rauða línan) sem jafnar óreglur einstakra ára. Lega rannsóknasniðanna er sýnd á 1. mynd.

Figure 15. Variations in zooplankton biomass ($\text{g dry weight m}^{-2}$, 0-50 m) in spring at Siglunes section 1961-2015 (a), and Selvogsbanki section 1971-2015 (b). The columns show means for all stations at the respective sections and the vertical bars denote standard error. The curved red lines show 5 year running mean. For location of the sections see Figure 1.



16. mynd Langtímabreytingar ljósátu að vorlagi á íslenska hafsvæðinu. Myndin sýnir meðalendurvarp ($m^2 \text{ nm}^{-2}$) allra reita (60 mínútur lengdar, 30 mínútur breiddar) á siglingaleið skips umhverfis landið (sbr. 11. mynd).

Figure 16. Variations in euphausiid abundance in the sea around Iceland in spring. The figure shows mean acoustic backscattering strength per nautical mile ($m^2 \text{ nm}^{-2}$) of all squares (60 minutes longitude by 60 minutes latitude) along the cruise track around Iceland (cf. Figure 11).

Seltan í Austur-Íslandsstraumi náði hámarki 1999 eftir fersk ár þar á undan, lækkaði síðan niður fyrir meðallag vorið 2002 en fór hækkandi aftur 2006 og hefur seltan að vori síðustu árin verið með hæstu gildum frá því fyrir hafísárin 1965-1971. Vetramælingar 2013-2014 sýndu þó lækkanði seltu á þessum slóðum var vorgildi 2014 með þeim lægstu tíu ár. Seltan hækkaði þó lítillega vorið 2015.

Botnhiti / Bottom temperature

Hiti sjávar við botn á Íslandsmiðum endurspeglar oft hitadreifingu í efri lögum sjávar. Botnhitinn er að jafnaði lægri fyrir norðan og austan landið fyrir áhrif kald-sjávar úr norðri, en hærri fyrir sunnan og vestan land vegna áhrifa hlýsjávar úr suðri. Á 14. mynd má sjá tímaraðir meðalhita úr vatnsúlunni nærri botni að vori til á nokkrum mælistöðvum umhverfis landið allt frá árinu 1971. Myndin sýnir bæði langtíma hitafar og ársveiflu botnhitans. Tekið er meðaltal af jafndreifðum hitamælingum í vatnsúlunni 50 til 100 m yfir botni, 100 metrum ef botndýpi er meira en 300 m.

Botnhiti á landgrunninu er yfirleitt lægstur í febrúar-mars og hæstur í ágúst-september eða síðar á árinu. Árssveifla er mest þar sem grynnt er við landið, en minnkar með vaxandi dýpi. Utan við landgrunnsbrúnina norðan og austan lands er botnhiti jafnan undir 0°C (djúpsjór Norðurhafa). Úti fyrir miðju Norðurlandi (í Eyjafjarðarál, dýpi allt að

700 m) nær kaldur djúpsjórinn langt inn að landi en állinn skiptir norðurmiðum í vestari og eystri hluta. Í landgrunnshlíðunum sunnan og vestan lands fer botnhiti einnig lækkandi með vaxandi dýpi, en þó fer hann ekki mikið niður fyrir 4°C.

Dýpi mælistöðva á 14. mynd er mismunandi. Þykka línan sýnir hlaupandi meðaltal 5 ára og þannig breytingar á hitafari við botn til lengri tíma. Stöð 4 á Stokksnessniði (Stokksnes 4) er við landgrunnsbrún nærri hitaskilunum suðaustanlands sem skýrir skammtímabreytingar botnhita líkt og átti sér stað 2005 er kaldur sjór barst til vesturs eftir landgrunninu að vori í fáar vikur. Stöðvarnar sunnanlands sýna að hiti yfir botni hefur haldist hár nánast í tvo áratugi og hlýrri sjór jafnvel meira áberandi vestanlands og héldust hlýindi við botn á þessum slóðum í stórum dráttum áfram 2015 en lækk-uðu þau verulega á vestursvæðinu um vorið, sem var takti við breytingar í hlýsjónum í efri lögum sunnan og vestan landsins.

Fyrir norðan og austan land eru hitabreytingar við botn tiltölulega litlar innan árs á stöð 3 á Siglunessniði (Siglunes 3) þar sem botndýpi er meira en á hinum stöðvunum sem sýndar eru á 14. mynd b. Merkja má hærri botnhita á landgrunninu norðaustan og austanlands á stöð 1 á Langanesi NA og stöð 3 á Krossanesi á síðustu árum og sérstak-lega 2003 og 2010 en botnhiti á þessum stöðum hefur lækkað nokkuð eftir 2010.

Dýrasvif / Zooplankton

Í meira en 50 ár hafa farið fram árlegar athuganir á átu umhverfis landið í því augnamiði að fylgjast með langtímabreytingum í vexti og viðgangi átunnar. Í upphafi voru þær eingöngu stundaðar út af Norðurlandi í sambandi við síldarleit og á þeim slóðum ná gögnin því lengst aftur í tímann, en frá árinu 1971 hefur rannsóknunum verið sinnt allt í kringum landið í vorleiðöngnum. Einnig hafa farið fram í rúm 20 ár árlegar athugair á átumagni djúpt austur og norðaustur af landinu í tengslum við síldarrannsóknir. Til að gögnin verði samanburðarhæf hefur þeim verið safnað á nokkurn veginn sama árstíma ár hvert (maí-júní í vorleiðangri og apríl-maí í síldarleiðangri) og með svipuðum aðferðum. Á vorin er átan í örum vexti og er talið að breytileikinn í átumergð frá ári til árs á þessum árstíma gefi vísbendingu um mismunandi heildarframleiðslu átu yfir sumarið, en bæði vorvöxtur og heildarframleiðsla dýrasvifsins eru talin ráðast af atriðum eins og umhverfisskilyrðum og fæðuframboði

Langtímabreytingar á átumagni á Selvogsbanka- og Siglunessniðum eru sýndar á 15. mynd. Gildin sem sýnd eru á myndinni eru meðaltalsgildi fyrir allar stöðvar á viðkomandi sniðum. Einnig eru sýnd 5 ára keðjumeðaltöl. Fram kemur að miklar sveiflur hafa verið í átumagni á báðum sniðum þar sem skiptast á há og lág gildi, og er munurinn á þeim hæstu og lægstu allt að 20-faldur fyrir norðan land en 10-faldur fyrir sunnan.

Á Siglunessniði var mjög mikið af átu þegar rannsóknirnar hófust í upphafi sjöunda áratugarins, en sé tekið mið af keðjumeðaltölunum hafa síðan liðið um 5-10 ár á milli hæstu gilda (15. mynd a). Vorið 2015 var átumagn á Siglunessniði undir langtíma-meðaltali.

Á Selvogsbanka voru miklar sveiflur í átumagni milli ára í upphafi mælitímabilsins (1971-1977). Eftir það verða breytingar milli ára reglubundnari, með 5-10 ára bili milli hágilda líkt og fyrir norðan (sbr. keðjumeðaltölin á 15. mynd a, b). Áta var síðast í hámarki á Selvogsbanka vorið 2014, en var svo undir langtímameðaltali vorið 2015.

Djúpt austur og norðaustur af landinu hefur átumagn farið lækkandi frá fyrri hluta 21. aldar. Smá aukning varð frá 2011 en gildin lækkuðu aftur vorið 2015.

Ljósáta hefur verið mæld með bergmálsaðferð í vorleiðöngnum frá árinu 2011. Ljósátumagnið á Íslandsmiðum vorið 2015 var undir meðaltali þeirra fimm ára sem mælingar ná nú til (2011-2015, 16. mynd).

3. STUTTAR GREINAR UM VISTFRÆÐI SJÁVAR *SHORT NOTES ON MARINE ECOLOGY*

ENDURKASTSSTYRKUR OG DÆGURFAR DÝRASVIFS SKOÐAÐ MEÐ STRAUMSJÁM Í ARNARFIRÐI ***BACKSCATTER AND DIEL DYNAMICS OF ZOOPLANKTON OBSERVED WITH ADCP IN ARNARFJÖRÐUR***

Andreas Macrander og Héðinn Valdimarsson, Hafrannsóknastofnun

Ágrip

Straumsjár hafa verið notaðar undanfarnin ár í íslenskum fjörðum með góðum árangri. Úrvinnsla straums úrtíðnibreytingu endurkastsins er í raun hin eiginlega notkun tækisins. En jafnframt er safnað miklum gögnum um endurkastið (backscatter) sem geta gefið gagnlegar upplýsingar um aðra hluti en strauminn, svo sem far svifdýra. Hér er sagt frá slíkum gögnum sem fengust við straummælingar á einni straumlögn í innanverðum Arnarfirði 2015 til 2016.

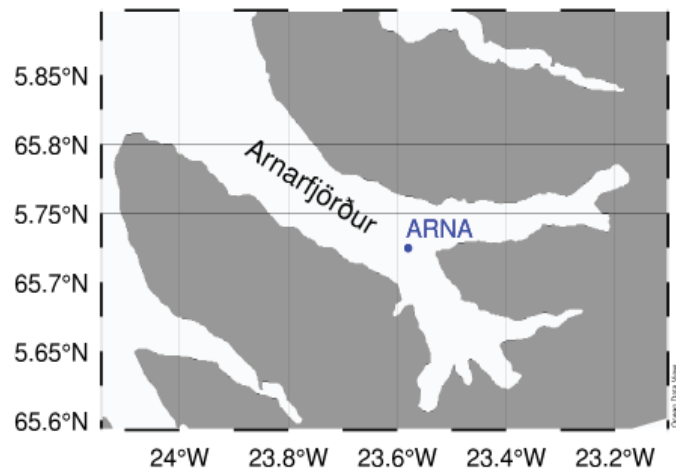
Abstract

Acoustic Doppler Current Profilers (ADCP) have been used with good results for measuring currents in Icelandic fjords for a number of years. Though the aim is to measure the current in the fjord there are lot of data sampled on the backscatter of the water column, that can give valuable information about the scatters which are mostly zooplankton. Here we report on the dynamics of backscatter obtained from one mooring in the inner part of Arnarfjörður 2015 to 2016.

Inngangur

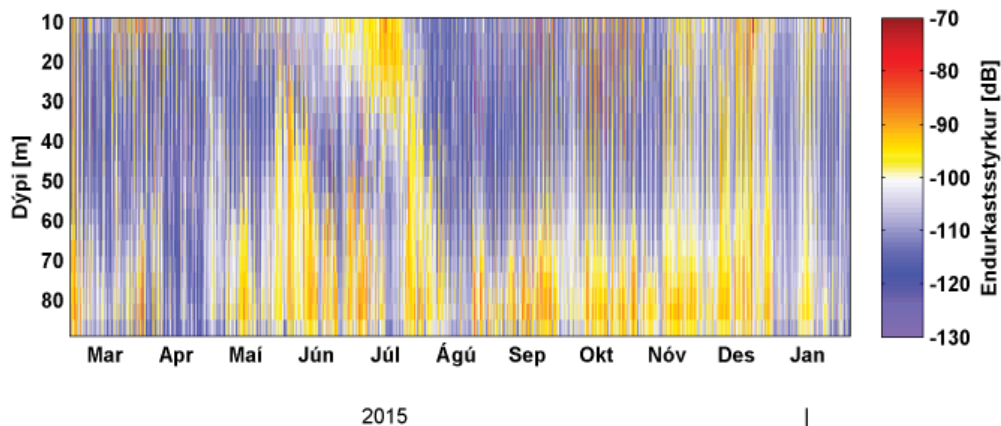
Undanfarna áratugi hefur notkun straumsjáa (ADCP) aukist mjög við mælingar á straumum hvort sem er í ferskvatni eða sjó. Tæknin er þrautreynd og byggt er á að straummælir, sem oft er komið fyrir við eða á botni, sendir hljóðmerki upp í vatns-súluna (upward looking). Hljóðið endurkastast síðan af ögnum í sjónum til mælisins með örlítilli breytingu á tíðni merkisins vegna hreyfinga agnanna sem berast með straumi. Þessi tíðnibreyting eða „Doppler hrif“ eru notuð til þess að reikna út straumhraðann. Gögnin sem skoðuð eru í þessari samantekt eru hluti rannsókna sem gerðar voru víða í Arnarfirði í tengslum við skoðun á umhverfi vegna fyrirhugaðs fiskeldis. Straumsjáin (Teledyne RDI workhorse 300 kHz) notar hljóðmerki sem hefur 5 mm bylgjulengd. Því má búast við því að sterkasta endurkastið sé frá dýrasvifi (Valdimarsson, H., Macrander, A., Karlsson, H., 2012), aðallega ljósátu og rækju sem

er lengri en 5 mm. Straum-
mæilögnin, sem hafði
einkennið ARNA, var staðsett
undan Langanesi í
Arnarfirði. Botndýpið þar er
102 m (1.mynd). Mælirinn var á
um 97 m dýpi eða um 5 m yfir
botni. Skráningar frá mælinum
stóðu yfir frá 13. febrúar 2015
til 19. janúar 2016. Þess má
geta að niðurstöður sem aflað
var á þessum stað eru mjög
svipaðar þeim niðurstöðum
sem fengust frá öðrum stöðum
í firðinum.



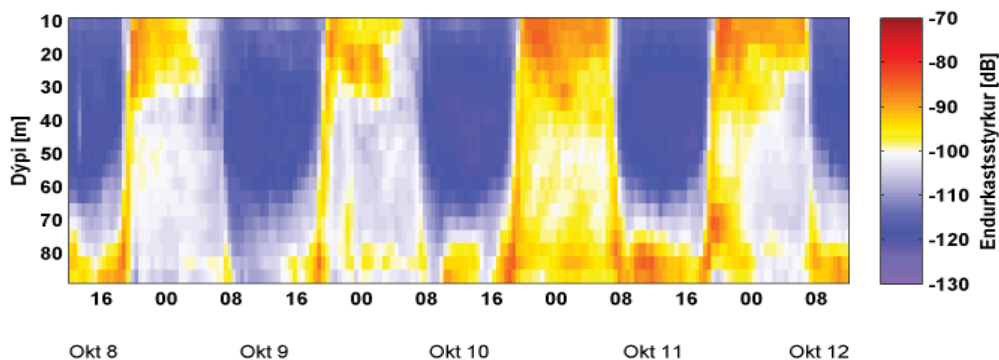
1. mynd. Staðsetning straumlagnar í Arnarfirði.

Figure 1. Location of mooring in Arnarfjörður.



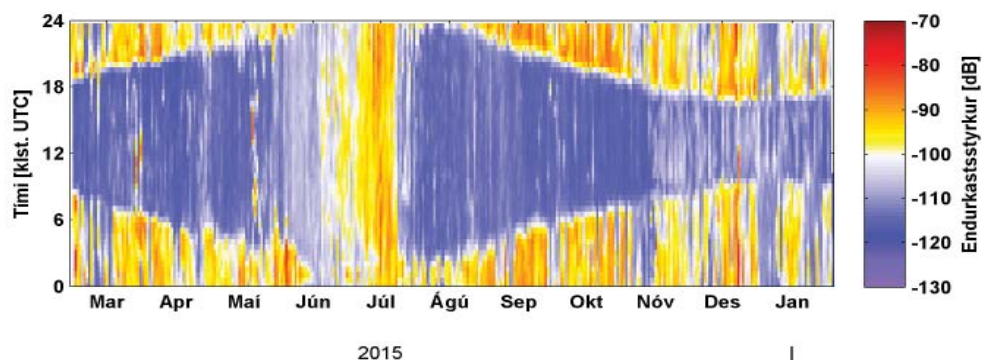
2. Mynd. Endurkast (dB) á ARNA lögn. Tímarað endurkasts fyrir mælitímabilið.

Figure 2. Backscatter (dB) at mooring ARNA. Timeseries of the measuring period.



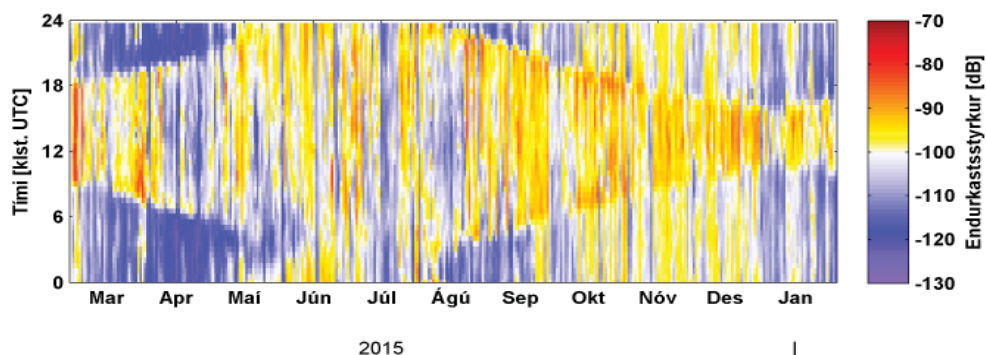
3. mynd. Endurkast (dB) á ARNA lögn. Dagssveiflur 8. til 12. október 2015.

Figure 3. Backscatter (dB) at mooring ARNA. Diurnal variations October 8th to 12th, 2015.



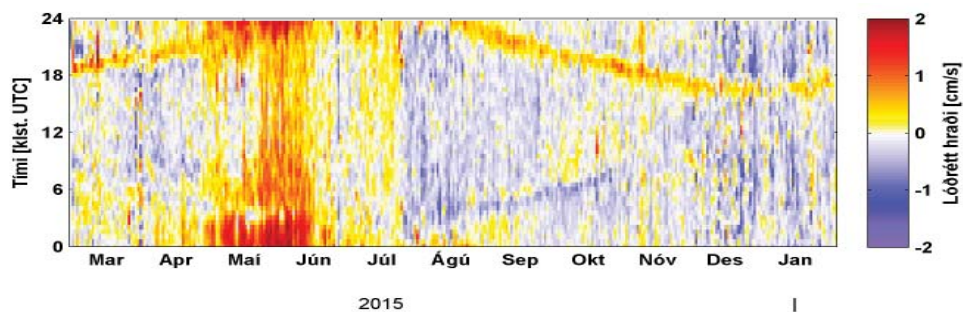
4. mynd. Endurkast (dB) á ARNA lögn á 15 m dýpi. Dreifing eftir tíma dags miðað við mælitíma.

Figure 4. Backscatter (dB) vs. time of the day at 15 m, illustrating diurnal variation.



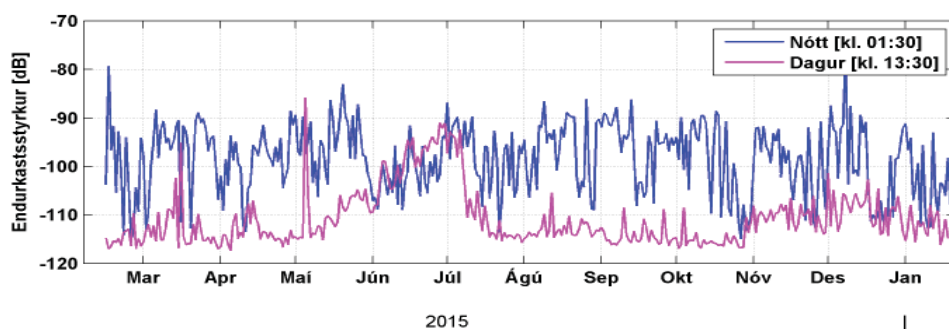
5. mynd. Endurkast (dB) á ARNA lögn á 87 m dýpi. Dreifing eftir tíma dags miðað við mælitíma.

Fig. 5: Backscatter (dB) vs. time of the day at 87 m, illustrating diurnal variation.



6. mynd. Lóðréttur hraði (cm s^{-1}) samkvæmt strømmæli (færsla svifs) á 47 m dýpi.

Figure 6. Vertical velocity at 47 m depth.



7. mynd. Endurkast (dB) að degi (fjólublátt) og nóttu (blátt) á 15 m dýpi.

Figure 7. Night time and day time backscatter (dB), blue and purple lines respectively, at 15 m.

Tæki og aðferðir

Staðsetning lagnar með straumsjánni var $65^{\circ}43.478' \text{ N}$ og $23^{\circ}34.798' \text{ V}$. Mælirinn var stilltur þannig að hann tók meðaltal af 4 m dýptarbili upp í gegnum vatnssúluna. Fimm-tíu merki (ping) eru send út á hverjum 30 mínútum og meðaltöl reiknuð af endurkasti hverra 30 mínútna. Þannig að upplausn gagnanna hálf klukkustund í tímaskala og lóðrétt er unnið með 4 m dýptarbil. Vegna truflana frá yfirborði sjávar eru hér ekki skoðuð gögn grynna en á 9 m dýpi. Sömuleiðis þarf að leiðrétta gögnin sem straummælirinn gefur með tilliti fjarlægðar endurkastara og ísogs orku í vatnssúlunni (Viðauki 1) þannig að réttur endurkaststyrkur (watermass volume backscattering strength) fáið. Það er sú mynd endurkasts sem hér er notað. Í þessari samantekt er talað um endurkastara (scatterers) eða dýrasvif sem einn hóp þar sem saman geta verið dýrasvif og rækja.

Niðurstöður

Þegar leiðrétt hefur verið fyrir áðurnefndum þáttum fæst tímaröð fyrir endurkaststyrk yfir mælitímann, sem er afar breytilegur, eða allt frá -130 dB og upp í -80 dB, eins og sjá má á 2. mynd.

Ef litið er nánar á breytingar á styttri tíma s.s. fjóra daga í október 2015 má sjá reglulegra mynstur (3. mynd). Hér má sjá nokkuð góða fylgni á fari endurkastsins við lengd dagsins. Lítið endurkast í mestum hluta vatnssúlunnar að degi, en meira endurkast ofarlega en neðarlega í vatnssúlunni að nóttu til.

Ef litið er nánar á dagssveiflur í endurkasti má skoða styrk endurkasts á ákveðnu dýpi s.s. 15 m eða nærri yfirborði eins og sýnt er á 4. mynd. Að nóttu er endurkast mikið en að deginum verður endurkastið minna. Í lok júní þegar bjart er allan sólarhringinn verður þetta munstur óljósara.

Á 87 metra dýpi eða nærri mælinum (5. mynd) má sjá öfugt munstur þar sem hærra endurkast mælist að deginum en minna að nóttunni. Þetta sýnir ágætlega lóðrétt far dýranna en þekkt er að flest svifdýr fara í lóðréttar dægurgöngur. Á 3. mynd sést að suma daga er nánast ekkert endurkast sem getur bent til þess að dýrin séu komin niður fyrir mælinn. En milli neðsta mælidýpis (bin) og botns eru um 11 m.

Ef skoðaðir eru aðrir þættir en endurkast og skráðar niðurstöður frá mælinum eru skoðaðar sem hraði lóðréttrar tilfærslu þess sem merkin endurvarpast af á 47 m dýpi sem fall af tíma dags og árstíma má sjá að ákveðið munstur kemur fram (6. mynd). Þegar rökkvar sést greinileg færsla upp á við sem er um það bil 1 cm s^{-1} . Hins vegar er færsla niður á við ekki eins greinileg er dagur rís. Sama munstur hefur áður sést í niðurstöðum mælingum víðar, ýmist á opnu hafi eða inná norðlægum fjörðum (Heywood 1996, Petrusevic et al., 2016). Bæði endurkastið og lóðréttur hraði eða færsla benda eindregið til þess að um lóðrétt far dýrasvifs eða rækju sé að ræða.

Ef litið er á breytingar yfir lengri tíma má skoða endurkast á ákveðnu dýpi yfir mælitímann. Hér er skoðað mælidýpið 15 m annars vegar kl 1:30 að nóttu (ca miðnætti að stjörnutíma) og hins vegar 13:30 að degi (7. mynd).

Styrkur endurkasts að deginum er að jafnaði lágur fyrir utan tímann frá miðjum maí fram til snemma í júlí, þegar styrkur vex um u.þ.b. 25 dB. Hins vegar er endurkastsstyrkur að jafnaði 25 dB hærri að nóttu, en verulegur breytileiki kemur fram á tímaskala frá dögum til nokkurra vikna. Þetta getur bent til þess að dýrasvif sé hnappdreift innan fjarðar og þess vegna sé breytilegt hvort magn dýrasvifs sem straumsjáin nemur yfir mælinum er mikið eða lítið.

Niðurlag

Skoðun á gögnum um endurkast frá straumsjá sýndi skýra dagsveiflu í lóðréttu fari dýrasvifs í Arnarfirði, með sterkt endurkast ofarlega í vatnssúlunni að nóttu og veikt endurkast að degi. Sambærilegt munstur sást á gögnum frá strumsjám frá 7 mismunandi staðsetningum í firðinum, þó aðeins séu sýndar niðurstöður frá einum þeirra hér. Það mátti greina verulegan breytileika í þessu dægurfari þegar litið var yfir lengri tíma, s.s. daga og vikur.

Gögn af þessu tagi gætu gagnasts til þess að skoða hegðun dýrasvifs á öðrum svæðum, en æskilegt væri að tengja þá gagnasöfnun frá straumsjám samhliða rannsóknum á svifi til að fá nákvæmari upplýsingar um hvaða tegundir orsaka endurvarpið og hvort breytingar á lóðréttri dreifingu þeirra tengist t.d. þroska og stærð þeirra.

Viðauki. Umreikningur úr styrk merkis yfir í endurkast

Bergmálað merki, sem mælt er í slögum (counts), er yfirfært í endurkast úr ákveðnu rúmmáli vatns samkvæmt leiðeiningum RDI Instruments (1989) og Denes (1999).

Umreikningsstuðlar, sem að jafnaði gilda fyrir 300 kHz ADCP:

Nálgunarjafna fyrir endurkast úr ákveðnu rúmmáli vatns SV er

$$SV = EI - SL - LDBM - PDBW + 20 \log_{10}(R) + 2\alpha R$$

EI er styrkur bergmáls (dB), sem fæst með því að reikna styrk bergmáls í slögum – hávaðamörk í slögum (suð) * Kc, þar sem Kc er að jafnaði 0.45.

SL er upphafsgildi tekið sem -143.5 dB á WH300 kHz ADCP mæli.

LDBM = $10\log_{10}(4.34 \text{ m})$; í hlutfalli við lengd sendingarpúlsa

PDBW = $10\log_{10}(80 \text{ W} * \text{normuð spennu rafhlöðu})$, er í hlutfalli við sendingar styrk

$20\log_{10}(R)$ táknar dreifingu geisla, R er fjarlægð frá sendi í tiltekið rúmmál

$2\alpha R$ táknar ísog hljóðs í hreinu vatni, með $\alpha = 0.069$ sem gildi fyrir 307.2 kHz

Heimildir

Deines, K.L. (1999). Backscatter Estimation Using Broadband Acoustic Doppler Current Profilers. IEEE conference, San Diego.

Heywood, K. J. (1996). Diel vertical migration of zooplankton in the Northeast Atlantic. Journal of Plankton Research, 18(2), 163-184.

Petrusevich, V., Dmitrenko, I.A., Kirillov, S.A., Rysgaard, S., Falk-Petersen, S., Barber, D.G., Boone, W., Ehn, J.K. (2016). Wintertime water dynamics and moonlight disruption of the acoustic backscatter diurnal signal in an ice-covered Northeast Greenland fjord. J. Geophys. Res. Ocean.,- doi:10.1002/2016JC011703.

RD Instruments (1989). "Acoustic Doppler Current Profilers - Principles of Operation: A Practical Primer".

Valdimarsson, H., Macrander, A., Karlsson, H. (2012). Endurkastsstyrkur í straummælum í Steingrímsfirði / Backscatter from current meters in Steingrímsfjörður. In: Þættir úr vistfræði sjávar 2011 / Environmental conditions in Icelandic waters 2011, Hafrannsóknir, Reykjavík, 162, 40 – 43.

SVÆÐALOKANIR, HELSTU RANNSÓKNIR OG TILLÖGUR UM BREYTINGAR AREA CLOSURES, RESEARCH AND SUGGESTIONS FOR FUTURE DIRECTIONS

Jón Sólmundsson, Hafrannsóknastofnun

Ágrip

Gerð er grein fyrir svæðalokunum sem beitt er við stjórnun fiskveiða við Ísland.

Mælt er með því að langtíma friðunarsvæði, skyndilokanir og verndun hrygningarsvæða verði áfram hluti fiskveiðistjórnunar við Ísland, en endurskoða þarf áherslur með hliðsjón af markmiðum.

Friðunarsvæði framtíðar ættu að beinast að verndun búsvæða og fjölbreytileika lífríkis og innan þeirra ættu allar skaðlegar veiðar að vera bannaðar.

Kortlagning hafsbotsins með fjölgeislaálgum og myndatöku er mikilvæg við staðsetningu nýrra friðunarsvæða.

Skyndilokanakerfið er sveigjanlegt og getur lagað sig að breytingum á útbreiðslu óæskilegra veiða. Það getur því hentað betur en föst friðunarsvæði til að koma í veg fyrir slíkar veiðar.

Bæta mætti virkni núverandi skyndilokanakerfis. Skyndilokanir þyrftu að hafa lengri gildistíma og beinast einungis að mestu smáfiskasvæðunum.

Abstract

The article describes area closures used in the Icelandic fishery management.

Long-term area closures, real-time closures, and protection of spawning grounds should continue to be part of the Icelandic fishery management. However, their arrangement should be re-evaluated. The aim of long-term area closures should be to protect habitat and biological diversity, by preventing all destructive fishing operations.

Seabed mapping, using multibeam sonar and photography, is important in locating new areas for protection.

The system of real-time closures is a dynamic management tool that can adjust to changes in the distribution of undersized fish and destructive fishing practices.

The present Icelandic system of real-time closures could be improved, e.g. by extending the duration of the closures, and targeting only the main aggregations of small fish.

Inngangur

Langtímalokanir á veiðisvæðum (hér nefnd friðunarsvæði) hafa lengi og víða verið notaðar sem tæki við stjórnun fiskveiða, þótt deilt sé um árangurinn (Jones 2007; Dunn o.fl. 2011). Margar tegundir nytjafiska geta synt langar vegalengdir og gagnrýnendur benda á takmarkað gildi þess að friða fisk á einu svæði ef hann er veiddur á öðru. Svæðið er fast en fiskurinn hreyfist og umhverfisaðstæður breytast. Í stjórnkerfi fiskveiða þar sem ákveðinn heildarafl er leyfður, leiðir friðun á einu veiðisvæði auk þess til aukins veiðiálags á öðrum. Samt sem áður hefur verndun fiska á viðkvæmu æviskeiði verið talin líkleg til að skila árangri, t.d. á ungviði og hrygnandi fiski (Gell og Roberts, 2003).

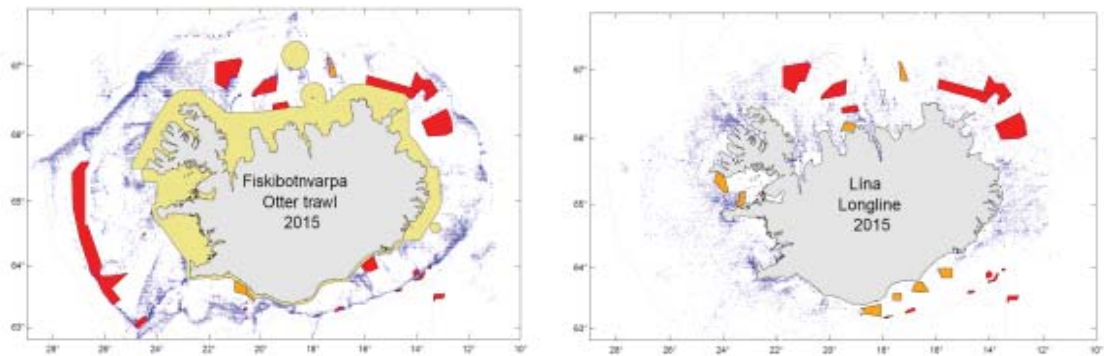
Friðunarsvæði eru ekki einungis notuð við stjórnun veiða á ákveðnum marktegundum, heldur einnig til að vernda fjölbreytileika lífríkis og viðkvæm búsvæði (Dunn o.fl. 2011). Slík nálgun tengist hugmyndafræði sem nefnd hefur verið vistkerfisnálgun við stjórnun fiskveiða, þar sem meginmarkmið er að viðhalda heilbrigði vistkerfa sem eru grundvöllur veiðanna. Í því felst að við fiskveiðar skuli forðast hvers konar óafturkræfar skemmdir á vistkerfum og samfélögum tegunda, og viðhalda þannig félagslegum og efnahagslegum ávinningi veiðanna. Einnig ber að auka þekkingu á vistkerfinu til að meta megí afleiðingar athafna. Því minni sem þekkingin er, því varfærnari þarf fiskveiðistjórnunin að vera (FAO, 2003; Pikitch o.fl. 2004).

Undanfarin ár hefur umræða aukist um sveigjanlega svæðastjórnun sem tekur mið af breytingum í hafinu, útbreiðslu fiska og dreifingu veiðanna (Maxwell o.fl. 2015). Sveigjanlegar og tímabundnar svæðalokanar er aðferðafræði sem getur hentað vel til að vernda smáfisk eða minnka óæskilegan meðafla (Dunn o.fl. 2011; Gullestad o.fl. 2015; Little o.fl. 2015). Sem dæmi má nefna tímabundnar skyndilokanir og lokanir á þekktum hrygningarsvæðum sem vara einungis meðan á hrygningu stendur.

Þessi grein byggir á skýrslu höfundar til starfshóps atvinnuvega- og nýsköpunaráðuneytisins sem m.a. hefur fjallað um veiðisvæði og verndunarsvæði á Íslandsmiðum. Tillögur eru hér settar fram sem umræðugrundvöllur frekar en fastmótuð stefna.

Friðunarsvæði

Fyrstu lokanir veiðisvæða á Íslandsmiðum tengdust útfærslu lögsögunnar. Landgrunnslögin 1948 mörkuðu tímamót í landhelgissögu Íslendinga og þar var sjávarútvegsráðuneytinu fyrst veitt heimild til að setja reglugerðir um friðunarsvæði á landgrunninu. Árið 1950 voru allar veiðar með botnvörpu og dragnót bannaðar innan grunnlínu sem dregin var utan fjarða og flóa fyrir Norðurlandi og slíkar friðanir náðu til allra landshluta með útfærslu landhelginnar í 12 sjómílu árið 1958.

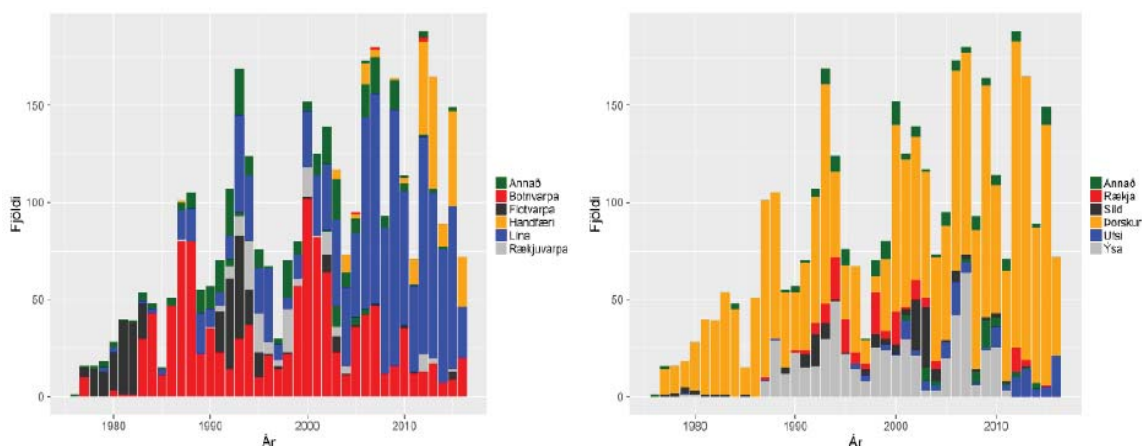


1. mynd: Hafsvæði við Ísland þar sem allar veiðar með fiskibotnvörpu (t.v.) og línu (t.h.) eru bannaðar árið um kring. Ekki eru sýnd svæði sem lokuð eru hluta árs eða einungis ákveðnum stærðum skipa. Gul svæði umhverfis landið og við Kolbeinsey og Hvalbak eru skv. lögum um veiðar í fiskveiðilandhelgi Íslands sem rekja má til ársins 1976. Rauð svæði sýna friðunarsvæði sem flest eru frá 1993, en sum tengjast lokunum sem eiga sér lengri sögu. Önnur reglugerðarsvæði eru appelsínugul, m.a. svæði sem lokað hefur verið um óákveðinn tíma vegna tíðra skyndilokana. Einnig eru sýnd verndunarsvæði kóralla við suðurströndina þar sem allar botnlægar veiðar eru bannaðar. Bláir punktar sýna dreifingu veiða með fiskibotnvörpu og línu árið 2015.

Figure 1. Areas on the Icelandic shelf where all fishing using otter trawl (left) and longline (right) is prohibited (excluding areas closed only for part of the year, or for certain sizes of vessels). Yellow areas have been in force since 1976, and most of the red areas since 1993 (or earlier). Orange areas indicate closures due to frequent real-time closures, set out for an undefined period of time. Also shown are protected coral areas south of Iceland, where all benthic fishing is prohibited. Blue dots show fishing areas of vessels using otter trawl and longline in 2015.

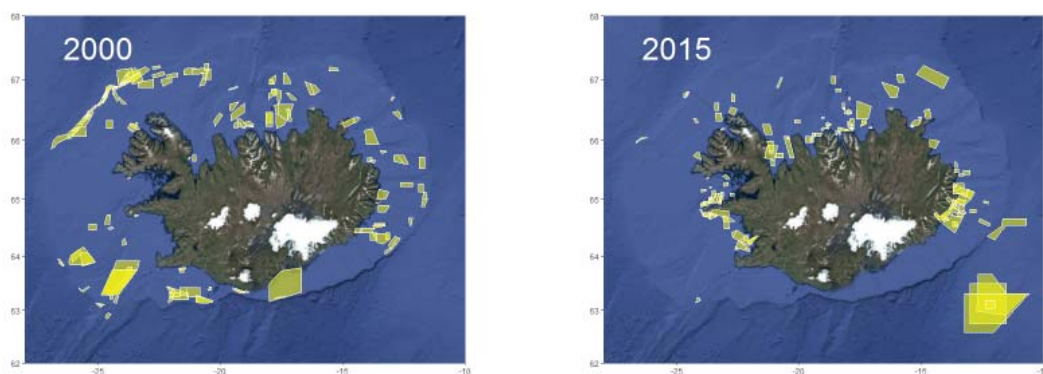
Árið 1972 var lögsagan færð í 50 sjómílnur og í framhaldinu sett á sérstök friðunarsvæði fyrir suðvestan („Frímerkið“), norðaustan (út af Langanesi) og norðvestan („Gildran“) land. Í kjölfarið fylgdu lokanir á svæðum á Strandagrunni og í Reykjafjarðarál. Árið 1976 voru samþykkt lög um veiðar í fiskveiðilandhelgi Íslands m.a. um bann við botnvörpuveiðum í 3–12 sjómílna fjarlægð frá landi. Auk þess var bætt við fiskverndarsvæðum við Hvalbak, Suðausturland, Kolbeinsey og á karfahryggnum út af Breiðafirði. Þetta er grunnurinn að því fyrirkomulagi sem nú er við líði, en auk þess ber að nefna að árið 1993 var sett á reglugerð um 10 föst friðunarsvæði, flest utan 12 sjómílna, þar sem veiðar með fiskibotnvörpu, flotvörpu og línu voru bannaðar.

Þótt fjöldi friðaðra svæða á Íslandsmiðum sé nokkuð mikill, þá takmarkast friðunar- aðgerðir yfirleitt við ákveðin veiðarfæri eða árstíma. Rækju- og dragnótaveiðar eru t.d. heimilar á mörgum svæðum þar sem veiðar með fiskibotnvörpu eru bannaðar. Undantekning á þessu er verndun kóralsvæða fyrir sunnan og suðaustan land þar sem notkun allra botnlægra veiðarfæra er bönnuð árið um kring. Vísað er í sögulegt yfirlit Sigfúsar A. Schopka (2007) varðandi friðun veiðisvæða á Íslandsmiðum og á 1. mynd eru sýnd svæði sem nú eru friðuð fyrir botnvörpu og línu árið um kring.



2. mynd: Fjöldi skyndilokana eftir veiðarfærum (t.v.) og tegundum (t.h.) frá 1976 til ágúst 2016.

Figure 2. Number of real-time closures from 1976 to August 2016 by fishing gear (left) and species (right).



3. mynd: Dreifing skyndilokana árin 2000 (t.v.) og 2015 (t.h.). Árið 2000 var mikið um skyndilokanir á botnvörpu á djúpslóð, en árið 2015 voru skyndilokanir vegna línu- og handfæraveiða á grunnslóð algengastar. Stór skyndilokunarsvæði suðaustur af landinu árið 2015 voru vegna kolmunnaveiða með flotvörpu.

Figure 3. Spatial distribution of real-time closures in 2000 (left) and 2015 (right). In 2000, there was a relatively high number of closures in offshore trawling areas, but in 2015 the highest number was due to small fish caught nearshore on longline and jiggers. Large real-time closures southeast of Iceland in 2015 are due to undersized blue whiting in pelagic trawl.

Skyndilokanir

Kerfi skyndilokana á Íslandsmiðum má rekja til ársins 1976. Tilgangurinn með skyndilokun svæða er að draga úr veiðum á smáfiski og líklegu brottkasti (Ólafur K. Pálsson 1983, Kristján Kristinsson o.fl. 2005). Varðandi sögulegt yfirlit um framkvæmd, gildistíma, viðmiðunar- og hlutfallsmörk fyrir mismunandi tegundir vísast í grein Sigfúsar A. Schopka (2007). Skyndilokanir frá 1976 til ágúst 2016 eru alls um 3600; þar af eru 39% vegna línuveiða og 32% vegna veiða með fiskibotnvörpu. Fyrstu árin var oftast lokað á

fiskibotnvörpu og flotvörpu, en síðari ár á línu og handfæri (2. og 3. mynd). Oftast hefur verið lokað vegna þorsks (68%) eða ýsu (15%).

Íslenska skyndilokanakerfið hefur vakið vaxandi athygli undanfarin ár (Little o.fl. 2015). Kerfið tekur bæði mið af útbreiðslu smáfisks og flotans og einungis er lokað þar sem „skaðlegar veiðar“ (í þessu tilfalli á smáfiski) eiga sér stað. Kerfið er skilvirkt varðandi þann tíma sem tekur að loka, kynningu meðal hagsmunaaðila og brotthvarf skipa af svæðunum. Opnun svæðanna, oftast að tveimur vikum liðnum, gerist sjálfkrafa án tillits til hlutfalls smáfisks og á svæðinu gilda þá sömu reglur og á öðrum veiðisvæðum.

Reglugerðarlokanir vegna tíðra skyndilokana

Þegar sýnt þykir, að mikið sé af smáfiski á tilteknu svæði og skyndilokanir nægi ekki sem verndunaraðgerð, getur Hafrannsóknastofnun gert tillögu um reglugerðarlokun ótímabundið eða í tiltekinn tíma. Sigfús Schopka (2007) gerir ítarlega grein fyrir þessum þætti fiskveiðistjórnunar með sögulegu yfirliti um fjölda og útbreiðslu reglugerðarlokana frá 1976–2005.

Friðun hrygningarsvæða

Helstu hrygningarsvæði nokkurra nytjafiska hafa verið friðuð á hrygningartíma. Hrygningarsvæði þorsks hafa verið friðuð fyrir öllum veiðum frá árinu 1992, hrygningarsvæði steinbíts á Látragrunni (allar veiðar) frá árinu 2002, hrygningarsvæði blálöngu suður af Vestmannaeyjum og á Franshól (fiskibotnvarpa og lína) frá 2004 og hrygningarsvæði skarkola á Selvogsbanka, Hafnaleir og í Breiðafirði (botnvarpa, dragnót, kolanet) frá 2002. Sjá nánar: Sigfús A. Schopka (2007) og Fiskistofa (2014).

Rannsóknir á áhrifum friðunarsvæða

Svæðalokunum við Ísland hefur aldrei verið fylgt úr hlaði með áætlunum um það hvernig meta skuli áhrif aðgerðanna. Það hefur verið tekið sem gefið að sú aðgerð að beina fiskiskipum frá smáfiski/hrygningarfiski hljóti að hafa jákvæð áhrif og auka afrakstur. Þessi skortur á gögnum hefur þýtt að til lengri tíma hefur reynst erfitt að standast þrýsting hagsmunaaðila um opnun svæðanna.

Hafa þarf í huga að flókið getur verið að meta áhrif friðunar því margar breytur spila inn í myndina. Sem dæmi má nefna umhverfispætti eins og hitastig og strauma, breytingar á nýliðun og útbreiðslu tegunda, og ekki síst breytingar á veiðum, aflamarki og öðrum þáttum fiskveiðistjórnunarkerfisins. Allur þessi breytileiki getur líka þýtt að þótt ástæða hafi verið til að friða ákveðinn stærðarflokk fisks á ákveðnu svæði fyrir mörgum árum síðan, geta aðrar aðstæður verið fyrir hendi í dag.

Rannsóknir sem gerðar hafa verið á friðunarsvæðum hafa m.a. beinst að því að meta hvað verður um þann fisk sem finnst innan svæðanna. Merkingar á þorski á friðunarsvæðum og veiðislóð fyrir norðvestan land árin 1994–1995 þóttu benda til að svæðin kæmu að gagni sem verndarsvæði fyrir smáþorsk minni en 55 cm (Sigfús A. Schopka o.fl. 2006; 2010). Þegar þorskurinn verður kynþroska leitar hann á hrygningarsvæði vestan og suðvestanlands. Merkingar á svipuðum slóðum árin 2004–2005 sýndu svipað göngumynstur, en merkingar á friðunarsvæðum fyrir norðaustan land sýndu meiri tengingu við Austfjarðamið (Jón Sólmundsson og Stefán Á. Ragnarsson 2012).

Jaworski o.fl. (2006) notuðu gögn úr stofnmælingum til að skoða þróun á magni og stærð fiska innan friðunarsvæða á Digranesflaki og Breiðdalsgrunni og báru saman við aðliggjandi veiðislóð. Niðurstöður bentu til að lokanir hefðu haft jákvæð áhrif á ýsu og skrápflúru á Digranesflaki, og ýsu og þorsk á Breiðdalsgrunni. Á Breiðdalsgrunni gengu áhrifin til baka þegar svæðið var opnað aftur fyrir veiðum. Þrátt fyrir þennan mun milli friðunarsvæða og veiðislóðar er ekki hægt að fullyrða út frá þeim gögnum að friðunarsvæðin hafi leitt til aukins afraksturs viðkomandi fiskistofna.

Rannsóknir á friðunarsvæði vestur af landinu, þar sem notuð voru gögn úr stofnmælingum 1985–2014, sýndu að verndun hafði jákvæð áhrif á fjölda og lífmassa gullkarfa innan svæðisins (Ragnhildur Friðriksdóttir 2014). Aukning á gullkarfa innan svæðisins eftir friðun var margfalt meiri en á veiðislóð.

Rannsóknir á botndýrum á friðunarsvæðum fyrir norðaustan land árið 2005 sýndu að botndýralíf var gróskumeira innan friðunarsvæða en á aðliggjandi veiðislóð. Svampar eru dæmi um botndýr sem eru viðkvæm fyrir raski, enda reyndist lífmassi svampa vera meira innan friðunarsvæða (Stefán Á. Ragnarsson, munnleg heimild).

Rannsóknir á áhrifum skyndilokana

Úttekt á skyndilokunum á botnvörpu vegna smáþorsks á Vestfjarðamiðum og NV-miðum þótti benda til að „ein skyndilokun til skamms tíma komi að takmörkuðu leyti í veg fyrir veiðar á smáfiski. Í kjölfar fleiri skyndilokana var gripið til reglugerðarlokana, sem annars hefðu ekki komið til framkvæmda. [...] Líkur eru á að kerfið hafi reynst þýðingarmikið tæki til þess að draga úr veiðum og brottkasti á smáfiski“ (Kristján Kristinsson o.fl. 2005). Eftir sem áður liggja ekki fyrir mælingar á áhrifum reglugerðarlokana.

Björn Björnsson o.fl. (2015) skoðuðu lengdardreifingu þorsks og ýsu við línuveiðar árin 2005–2013. Markmiðið var að staðsetja svæði þar sem hlutfall smáfisks var hátt, með það í huga að flestar skyndilokanir á þessu tímabili voru vegna línuveiða og hlutfall línu af heildarafla þorsks og ýsu hafði farið vaxandi. Helstu niðurstöður voru að hlutfall þorsks og ýsu undir viðmiðunarmörkum (55 og 45 cm) lækkaði með dýpi og fjarlægð frá landi. Innan við 10 km frá landi var hlutfallið að meðaltali 34–41% fyrir

þorsk, sem sýndi að þrátt fyrir tíðar skyndilokanir á línuveiðar er hlutfall þorsks undir viðmiðunarmörkum hátt. Höfundar bentu á að varanlegri friðun þyrfti til að koma í veg fyrir hátt hlutfall smáþorsks við línuveiðar nálægt landi.

Umræða og tillögur

Þrátt fyrir að friðunarsvæði hafi verið veigamikill þáttur í stjórnkerfi fiskveiða á Íslands-miðum í áratugi, þá er lítið um rannsóknir á áhrifum þeirra aðgerða. Það þýðir samt ekki að þær hafi ekki skilað árangri. Nefna má friðun grunnslóðar fyrir veiðum með fiski-botnvörpu með lögum um veiðar í fiskveiðilandhelgi Íslands frá árinu 1976 (gul svæði á 1. mynd). Miðað við umfang og eðli botnvörpuveiða og dreifingu fiskungviðis, verður að teljast líklegt að þessi umfangsmikla friðunaraðgerð hafi skilað miklum árangri, þótt sértækar rannsóknir vanti.

Almennt virðist góð sátt ríkja um aðgerðir um friðun hrygningarfisks, en engar beinar rannsóknir hafa verið gerðar á áhrifum þeirra. Með friðun fær hrygningarfiskur að njóta vafans, enda friðun líkleg til að gefa næði til hrygningar og umönnunar hroga þar sem það á við. Því er hér mælt með að friðun hrygningarsvæða verði áfram í gildi, og rannsóknir á þeim auknar.

Ef tekið er mið af kröfum um vistkerfisnálgun við stjórnun fiskveiða (sjá Inngang), gæti svæðastjórnun fiskveiða í framtíðinni, þ.e. sá þáttur sem lítur að verndun fisks og vistkerfis, flokkast í þrjá hluta.

1. Friðun hafsvæða á grunnslóð og djúpslóð fyrir veiðum með fiskibotnvörpu, sbr. núverandi lög og reglugerðir. Þessi friðun er líkleg til að vernda bæði fiskungviði og botnlífriki.
2. Friðunarsvæði á grunnslóð og djúpslóð sem taka mið af búsvæðagerð, botnlífverum og fiskungviði. Allar veiðar sem eru skaðlegar m.t.t. þessara þátta væru bannaðar. Verndarsvæði kórals suður af landinu eru dæmi um slík svæði, þótt smá séu.
3. Tímabundnar svæðalokanir sem taka mið af útbreiðslu fiska sem vernda þarf sérstaklega, t.d. smáfisks, hrygningarfisks, viðkvæmra stofneininga eða annars óæskilegs afla.

Fyrirhugað er að hefja átak í kortlagningu hafsbotsins umhverfis Ísland. Æskilegt er að staðsetning friðunarsvæða framtíðar byggi á slíkri kortlagningu og segja má að ótímabært sé að ráðast í heildstæðar breytingar áður en hún hefur farið fram. Hugmyndin er að saman geti farið verndun viðkvæms botnlífrikis og uppeldissvæða nytjafiska, enda helst þetta tvennt í hendur. Nefna má að hrygning sumra nytjafiska fer fram á viðkvæmum búsvæðum, t.d. steinbíts sem hrygnir og gætir eggja sinna í gjótum á botninum. Sýnt hefur verið fram á að friða mætti stór svæði á landgrunninu án

Þess að hafa markverð áhrif á veiðar togskipa, því veiðarnar fara fram á afmörkuðum svæðum (Höskuldur Björnsson 2007). Þannig mætti koma í veg fyrir veiðar á lítið röskuðum svæðum sem einungis er togað yfir á nokkurra ára fresti.

Helstu kostir núverandi skyndilokanakerfis er að það er skilvirkt og tekur mið af breytingum á útbreiðslu og hlutfalli smáfisks. Skyndilokana er ekki þörf nema líkur séu á óæskilegum veiðum. Sveigjanlegar lokanir geta hentað betur en föst friðunarsvæði fyrir fiska sem synda langar vegalengdir á stuttum tíma, eða breyta útbreiðslu sinni frá ári til árs.

Helstu gallar núverandi kerfis eru smæð svæðanna og stuttur gildistími. Lokanir ná oftast yfir lítil svæði og ekki er alltaf vitað um ástandið á aðliggjandi svæðum. Í sumum tilfellum gæti veiðum jafnvel verið beint af smáfiskasvæði á svæði með svipað smáum eða jafnvel enn smærri fiski. Engin eftirfylgni á sér stað eftir opnun svæða; ekki er skoðað hvort ástandið hafi breyst. Þá eru ekki skýrar reglur um hvenær reglugerðarhólf vegna fjölda skyndilokana skuli sett á. Þess vegna er hér settar fram tillögur um kerfi sem komið gæti í stað núverandi skyndilokana og reglugerðarhólfa:

1. Skyndilokanir gildi í lengri tíma en nú er, t.d. að lágmarki 4 vikur (2 vikur hjá ufsa og hugsanlega fleiri tegundum vegna gönguhegðunar).
2. Hlutfallsmörk hækkuð (og/eða lengdarmörk lækkuð) til að auka líkur á að einungis mestu smáfiskasvæðunum sé lokað.
3. Ekki verði einungis miðað við hlutfall smáfisks í afla, heldur einnig magn smáfisks sem búast má við að veitt verði á svæðinu.
4. Framkvæmd skyndilokana verði með svipuðum hætti og nú er. Auk þess mætti fyrirfram afmarka þekkt smáfiskasvæði í kringum landið, m.a. út frá fyrirbyggjandi gögnum og í samráði við sjómenn og útgerðir. Ef fiskur mælist undir viðmiðunarmörkum innan slíks svæðis væri því öllu lokað. Líklega væri ástæða til að hafa gildistíma lengri en annarra skyndilokana, eða láta opnun ráðast af endurskoðun, líkt og gert er í Barentshafi (sjá skýringaramma).

Þetta fyrirkomulag gæti aukið virkni skyndilokana (lengri gildistími) og sátt um þær (lokað á smærri fisk). Markmið skyndilokana er að vernda aldurshópa sem eru u.þ.b. að „koma inn í veiðina“ og eru í hröðum vexti (t.d. 3–4 ára þorsk). Þekkt eru ákveðin svæði á grunnslóð fyrir norðan land þar sem þorskur vex hægt og hugsanlega mætti hafa þau svæði utan skyndilokanakerfisins, þ.e. ef nánari rannsóknir staðfestu þetta.

Eins og áður er nefnt taka skyndilokanir gildi ef hlutfall fisks undir ákveðinni stærð er yfir ákveðnum mörkum. Slík viðmiðunarmörk eru einnig notuð þegar ákvarðanir eru teknar um æskilega kjörhæfni veiðarfæra, þ.e. hvaða stærðir fisks veiðarfæri taka. Sá

Kerfi skyndilokana í Barentshafi

Kerfið þróað frá árinu 1984. Eftirlit nær í dag til allra helstu veiða.

Markmið: Að koma í veg fyrir veiðar á fiski undir löglegri lágmarksstærð, og meðafla verndaðra tegunda.

Fiskiskip eru leigð til að rannsaka helstu veiðisvæði. Sérhæfðir eftirlitsmenn um borð. Leiga skipa fjármögnuð með skatti á fyrstu sölu fisks, laun eftirlitsmanna greidd af ríkinu.

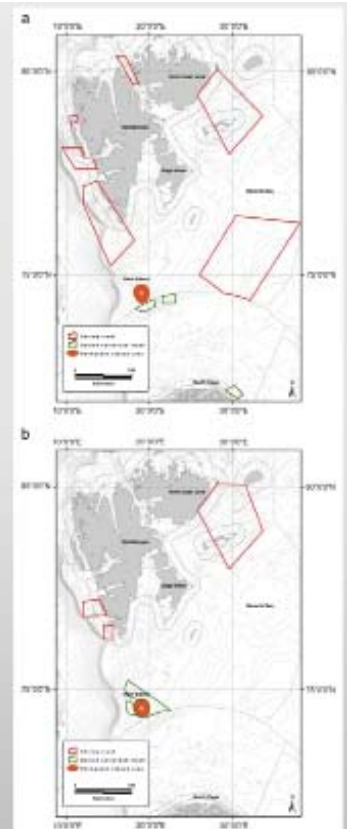
Umfang eftirlits metið ár hvert út frá áætlaðri dreifingu veiða og árgangastærð.

Botnvörpuveiðar: Lokað ef hlutfall þorsks, ýsu, ufsa undir lágmarksstærð er yfir **15%**. Lágmarksstærð þorsks er **44 cm**.

Lokuð svæði endurskoðuð eftir mislangan tíma; opnun ekki sjálfkrafa. Ef hátt hlutfall er undir mörkum varir ástandið oft lengi (mánuði frekar en vikur).

Að auki er fiskiskipum skylt skv. lögum að yfirgefa veiðisvæði ef hlutfall fisks undir lágmarksstærð fer yfir áður nefnd mörk.

Byggt á Gullestad et al. 2015.



Lokuð svæði í a) maí/júní, og b) október 2005. Rautt svæði sýna skyndilokanir á rækjuvörpu, grænt svæði á úragnót og fiskibotnvörpu.

Þáttur íslenska fiskveiðistjórnunarkerfisins sem lítur að lokunum veiðisvæða byggir að mestu á rannsóknum, lögum og hugmyndafræði árána 1976–1993, þ.e. þeim tíma er núverandi kvótakerfi var komið á. Á undanförunum árum hafa verið samþykktar aflareglur fyrir mikilvægustu nytjategundir og veiðihlutfall þeirra hefur lækkað. Það er því tímabært að fara betur yfir þessi mál.

Á undanförunum árum hafa hugmyndir um vistkerfisnálgun við stjórnun fiskveiða hlotið vaxandi hljómgrunn. Fiskveiðistjórnun við Ísland þarf að taka mið af þessu, þ.e. að lágmarka hvers konar óafturkræfar skemmdir á vistkerfum og samfélögum tegunda, til að viðhalda megi félagslegum og efnahagslegum ávinningi veiðanna.

Heimildir

Björn Björnsson, Jón Sólmundsson og Ólafur K. Pálsson, 2015. Can permanent closures of nearshore areas reduce the proportions of undersized fish in the Icelandic longline fishery? ICES Journal of Marine Science 72: 841–850.

Dunn, D.C., Boustany, A.M. og Halpin, P.N., 2011. Spatio-temporal management of fisheries to reduce by-catch and increase fishing selectivity. Fish and Fisheries 12: 110–119.

Fiskistofa, 2014. Reglugerð Nr. 30/2005 (http://www.fiskistofa.is/media/veidisvaedi/Hrygningarstopp_2.pdf). Skoðað 15. ágúst 2016.

FAO, 2003. Fisheries management. 2. The ecosystem approach to fisheries. FAO technical guidelines for responsible fisheries 4 (Suppl. 2). 112 pp.

Gell, F.R. og Roberts, C.M., 2003. Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. TRENDS in Ecology and Evolution 18: 448–455.

Gullestad, P., Blom, G., Bakke, G. og Bogstad, B., 2015. The “Discard Ban Package”: Experiments in efforts to improve the exploitation patterns in Norwegian fisheries. Marine Policy 54: 1–9.

Höskuldur Björnsson, 2007. Togveiðar á Íslandsmiðum: Hugleiðingar um svæðatakmarkanir. Erindi á málstofu Hafrannsóknastofnunar (<http://www.hafro.is/undir.php?REFID=177&ID=214&REF=3>). 15. ágúst 2016.

Jaworski, A., Jón Sólmundsson og Stefán Á. Ragnarsson, 2006. The effect of area closures on the demersal fish community off the east coast of Iceland. ICES Journal of Marine Science 63: 897–911.

Jón Sólmundsson og Stefán Á. Ragnarsson, 2012. Göngur þorsks til og frá friðunarsvæðum norðan Íslands. Hafrannsóknastofnun, fjölrit nr. 160: 15–28.

Jones, P.J.S. 2007. Point-of-View: Arguments for conventional fisheries management and against no-take marine protected areas: only half of the story? Reviews in Fish Biology and Fisheries 17: 31–43.

Kristján Kristinsson, Björn Ævarr Steinarsson og Sigfús A. Schopka, 2005. Skyndilokanir á þorskveiðar í botnvörpu á Vestfjarðamiðum. Hafrannsóknastofnunin, fjölrit nr. 114. 29 bls.

Little, A.S., Needle, C.L., Hilborn, R., Holland, D.S. og Marshall, C.T., 2015. Real-time spatial management approaches to reduce bycatch and discards: experiences from Europe and the United States. Fish and Fisheries 16: 576–602.

Maxwell, S.M. o.fl., 2015. Dynamic ocean management: Defining and conceptualizing real-time management of the ocean. Marine Policy 58: 42–50.

Ólafur K. Pálsson, 1983. Fiskifræðilegur grundvöllur þorskeftirlits. Ægir 6: 310–314.

Pikitch, E. K. o.fl., 2004. Ecosystem-Based Fishery Management. Science 305: 346–347.

Ragnhildur Friðriksdóttir, 2014. Marine protected areas in sub-Arctic waters: Effects of area closure on Golden redfish (*Sebastes norvegicus*) and species richness off the west coast of Iceland. MSc ritgerð við Háskólann í York, 33 bls.

Sigfús A. Schopka, Jón Sólmundsson, Stefán Á. Ragnarsson og Vilhjálmur Þorsteinsson, 2010. Using tagging experiments to evaluate the potential of closed areas in protecting migratory Atlantic cod (*Gadus morhua*). ICES Journal of Marine Science 67: 1024–1035.

Sigfús A. Schopka, 2007. Friðun svæða og skyndilokanir á Íslandsmiðum. Sögulegt yfirlit. Hafrannsóknastofnunin, fjölrit nr. 133: 86 bls.

Sigfús A. Schopka, Jón Sólmundsson og Vilhjálmur Þorsteinsson, 2006. Áhrif svæðafriðunar á vöxt og viðgang þorsks. Niðurstöður úr þorskmerkingum út af norðanverðum Vestfjörðum og Húnaflóa sumrin 1994 og 1995. Hafrannsóknastofnunin, fjölrit nr. 123: 5–26.

4. VIÐAUKI / APPENDIX

UMHVERFISÞÆTTIR Í MAÍ – JÚNÍ 1952 – 2015

ENVIRONMENTAL VARIABLES IN MAY – JUNE 1952 – 2015

Frávik hita og seltu frá meðaltali áráanna 1961-1980 (3,288°C og 34,727). Vegin meðaltöl frá 0-200 m dýpi á stöðvum 1-5 á Siglunesi (*). Taflan sýnir einnig meðalátumagn (þurrvikt, g m-2) í efstu 50 m á Siglunessniði (**). Afstasti dálkurinn sýnir reiknaða ferskvatnsþykkt (m) á 2. og 3. stöð á Látrabjargssniði, en hún er mælikvarði á styrk strandstraums fyrir Vesturlandi (***). Þessutan er söfnunardagur á stöð 3 á Siglunessniði sýndur sem númer dags frá upphafi árs.

Temperature and salinity deviations from the 1961-1980 average (3.288 and 34.727). Weighted mean from 0-200 m depth at stations 1-5 on the Siglunes section (*). The table also show the average zooplankton biomass (g dry weight m-2) in 0-50 m on the Siglunes section (**). The last column shows the calculated freshwater thickness (m) at stations 2 and 3 on the Látrabjarg section (***). The sampling day at the third station on Siglunes section is also shown (Julian day).

Ár Year	Söfnunardagur Julian day	Hitafrávik * Temp. deviation *	Seltufrávik * Salinity deviation *	Átumagn ** Zoo. Biomass **	Ferskvatn *** Freshw. thickness ***
1952	167	0,921	0,277		
1953	160	1,154	0,117		
1954	162	1,916	0,255		
1955	167	1,902	0,260		
1956	174	1,566	0,073		0,491
1957	163	1,424	0,224		
1958	155	0,256	0,098		0,237
1959	173	1,882	0,263		0,515
1960	163	2,050	0,320		
1961	164	1,698	0,345	10,2	0,738
1962	154	1,007	0,310	11,5	
1963	166	-0,081	0,079	3,3	
1964	160	1,916	0,245	6,9	0,880
1965	157	0,084	-0,237	1,5	0,254
1966	156	-0,195	0,145	0,7	
1967	152	-2,122	-0,173	0,5	0,235
1968	170	-0,730	-0,223	2,5	
1969	157	-1,558	-0,356	0,7	
1970	161	-0,992	-0,232	1,7	0,549
1971	145	-1,757	-0,133	4,4	0,875
1972	157	0,683	0,077	2,5	0,836
1973	161	1,124	0,134	1,8	1,501
1974	149	1,137	0,158	0,8	1,230
1975	149	-1,100	-0,129	1,6	0,365
1976	157	0,295	0,041	2,7	1,395
1977	148	-0,109	-0,123	5,1	0,632
1978	152	0,755	0,033	3,9	0,549
1979	154	-1,496	-0,236	3,1	0,177
1980	150	1,438	0,266	2,0	0,667
1981	148	-1,083	0,084	1,2	0,613
1982	158	-0,616	-0,101	0,7	0,393
1983	155	-1,280	-0,071	1,4	0,620
1984	150	-0,200	0,091	2,4	1,279
1985	154	1,075	0,234	2,9	1,131
1986	150	-0,045	0,184	1,0	0,914
1987	154	1,041	0,106	3,0	0,532
1988	143	-0,725	-0,135	0,9	0,647
1989	151	-0,470	0,125	0,8	0,858
1990	148	-1,049	-0,027	1,1	0,895

Ár Year	Söfnunardagur Julian day	Hitafrávik * Temp. deviation *	Seltufrávik * Salinity deviation *	Átumagn ** Zoo. Biomass **	Ferskvatn *** Freshw. thickness ***
1991	142	0,144	0,214	3,4	0,735
1992	139	0,241	0,183	3,6	1,387
1993	143	0,215	0,188	6,5	1,778
1994	144	0,557	0,174	8,2	0,442
1995	143	-2,697	-0,111	4,6	0,477
1996	148	0,550	0,018	4,4	0,977
1997	147	-0,063	-0,018	4,2	0,507
1998	152	-0,306	-0,105	1,7	0,816
1999	145	0,700	0,238	4,8	0,549
2000	143	0,821	0,147	7,3	1,636
2001	143	0,048	0,187	4,6	0,637
2002	141	-1,255	0,001	1,2	0,295
2003	141	2,133	0,272	3,4	1,606
2004	145	0,839	0,211	1,5	0,963
2005	145	0,639	0,076	9,2	1,036
2006	135	0,069	0,079	5,4	1,276
2007	139	0,151	-0,055	3,5	0,977
2008	140	0,049	0,108	2,2	0,363
2009	138	-0,108	0,227	1,4	0,734
2010	140	1,039	0,254	4,7	0,935
2011	139	1,112	0,199	3,1	0,933
2012	139	1,345	0,265	3,6	1,491
2013	138	0,984	0,265	1,5	0,477
2014	138	1,330	0,238	2,1	0,435
2015	143	0,613	0,208	1,7	1,078

* Jón Ólafsson 1999. Rit Fiskideildar 16: 41-57.

** Til ársins 2001 voru ákusýnin rúmmálmæld um borð og þurrvigt ákvörðuð með því að nota umreiknistuðul (Matthews, J.B.L. og Heimdal, B.R. 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. Í Freeland, H.J., Farmer, D.M. og Levings, C.D. (ritstj.), Fjord Oceanography. Plenum Press, New York, s. 377-398). Frá og með 2002 voru sýnin fryst um borð, og þurrkuð og vegin í landi (Postel, L., Fock, H., Hagen, W. 2000. Biomass and abundance. Í Harris, R., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R., Huntley, M. (ritstj.), ICES Zooplankton Methodology Manual, Academic Press, New York, s. 83-192).

*** Jón Ólafsson 1985. ICES C.M. 1985/G:59.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna