

HV 2018-29
ISSN 2298-9137



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Ástand sjávar 2016



Sólveig R. Ólafsdóttir, Héðinn Valdimarsson, Maria Dolores Perez-Hernandez, Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnson, Kristín J. Valsdóttir, Agnes Eydal og Karl Gunnarsson

REYKJAVÍK JÚNÍ 2018

Ástand sjávar 2016

Sólveig R. Ólafsdóttir, Héðinn Valdimarsson, Maria Dolores
Perez-Hernandez, Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason,
Hildur Pétursdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnson, Kristín J. Valsdóttir,
Agnes Eydal og Karl Gunnarsson

Upplýsingablað

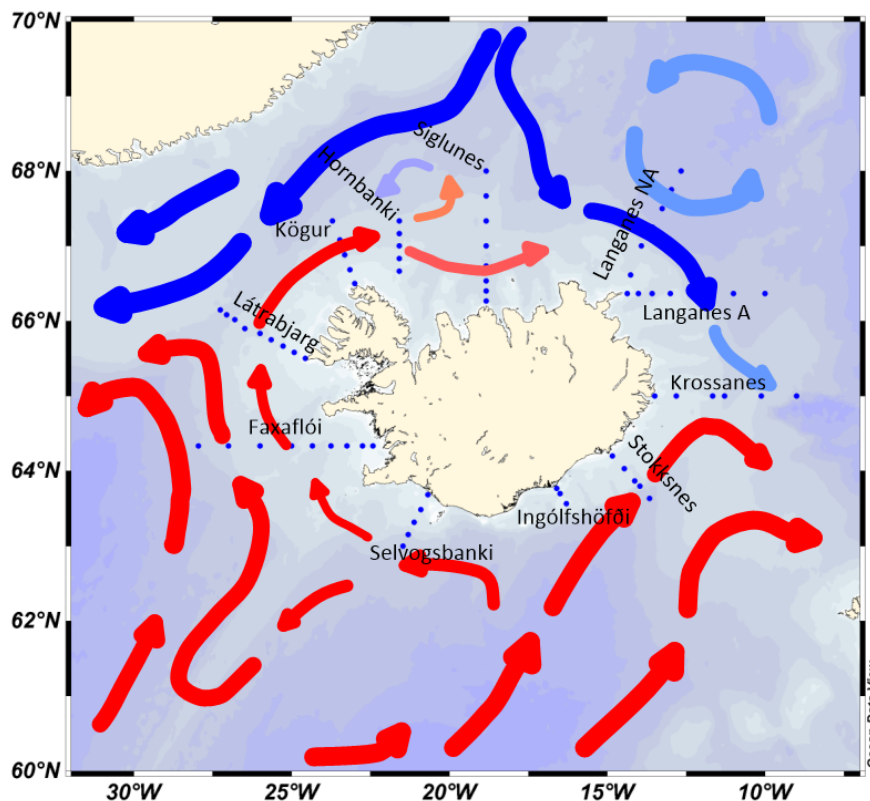
| | | |
|--|---|--------------------------------------|
| Titill: Ástand sjávar 2016 | | |
| Höfundar: Sólveig R. Ólafsdóttir, Héðinn Valdimarsson, María Dolores Perez-Hernandez, Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnson, Kristín J. Valsdóttir, Agnes Eydal og Karl Gunnarsson | | |
| Skýrsla nr. HV 2018-29 | Verkefnisstjóri: Sólveig R. Ólafsdóttir (ritstjóri) | Verknúmer: UM9219 |
| ISSN 2298-9137 | Fjöldi síðna: 51 | Útgáfudagur: 15. júní 2018 |
| Unnið fyrir: | Dreifing: Opin | Yfirfarið af: SRÓ, MÁŠ |
| Ágrip Á Hafrannsóknastofnun er unnið að margvíslegum rannsóknum á umhverfi og vistfræði sjávar og beinast þær að því að fylgjast með langtímabreytingum á ástandi sjávar og lífríkis í yfirborðslögum. Rannsóknirnar eru einn af þeim þáttum er mynda forsendur ráðgjafar stofnunarinnar um verndun og nýtingu fiskistofna. Skýrslan fjallar um niðurstöður rannsókna á ástandi sjávar árið 2016 og samhengi þeirra við langtímaástand. Fjallað er um niðurstöður athugana úr ársfjórðunglegum mælingum á föstum mælistöðvum sem og mælingum úr öðrum leiðöngrum. Gerð er grein fyrir hita og seltu sjávarins, næringarefnum og útbreiðslu og magni plöntu- og dýrasvifs við landið. | | |
| Abstract <i>The Marine and Freshwater Research Institute carries out various environmental and ecological research in Icelandic waters with the objective to monitor long term changes. This research is one of the prerequisites for advice for sustainable use of living sources. The results from quarterly cruises for the monitoring of environmental conditions in Icelandic waters in 2016 is reported as well as data from other sources.</i> | | |
| Lykilorð: Árferði, vöktun, haffræði, svifþörungur, áta | | |
| Undirskrift verkefnisstjóra:  | Undirskrift forstöðumanns sviðs:  | |

| Efnisyfirlit | Bls. |
|--|-------------|
| INNGANGUR / INTRODUCTION | 1 |
| HITI OG SELTA / TEMPERATURE AND SALINITY | 3 |
| NÆRINGAREFNI / NUTRIENTS | 14 |
| SVIFPÖRUNGAR / PHYTOPLANKTON | 19 |
| DÝRASVIF / ZOOPLANKTON | 30 |
| DÝRASVIF Í AUSTURDJÚPI / ZOOPLANKTON IN THE NORWEGIAN SEA | 36 |
| VÖKTUN EITURPÖRUNGA / TOXIC ALGAE MONITORING | 40 |
| NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016 | 42 |

INNGANGUR / INTRODUCTION

Sólveig R. Ólafsdóttir og Héðinn Valdimarsson

Ísland er við straumamót heitra og kaldra hafstrauma en því valda neðansjávarhryggir auk hnattstöðu landsins. Hryggirnir mynda fyrirstöðu gegn þeim meginhafstraumum sem liggja að landinu. Hlýr sjór Norður Atlantshafsstraumsins (Golfstraumsins) streymir til norðurs og mætir köldu suðurflæði Austur Grænlandsstraumsins og Austur Íslandsstraumsins (1. mynd). Lítil hluti hlýsjávarins nær norður fyrir landið og streymir inn á landgrunnið norðan lands. 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).



1. mynd. Kort sem sýnir stöðvar þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland. Myndin sýnir einnig helstu yfirborðsstrauma við landið (Héðinn Valdimarsson *et al.* 2012). Rauðar örvar tákna tiltölulega hlýjan og saltan Atlantssjór, bláar örvar seltuminni og kaldari pól- eða svalsjór.

Figure 1. Map showing standard sections used in routine hydrographic and plankton research around Iceland. Also shown are the main ocean currents adapted from Valdimarsson *et al.* (2012). Red arrows: Atlantic Water; blue arrows: Polar Water or mixed water.

Vegna legu landsins á mörkum hlýrra og kaldra hafstrauma eru umhverfisaðstæður í hafinu hér við land mjög breytilegar, bæði í tíma og rúmi. Langtímarannsóknir sýna þannig breytileika, bæði milli ára og áratuga, á ástandi sjávar á landgrunninu við Ísland og tengjast tímabil hlýnunar og kólnunar oftast víðáttumeiri veðurfarsbreytingum í Norður Atlantshafi. Breytileiki

hita og seltu sjávar á landgrunninu umhverfis Ísland er mismikill og eru sveiflur norðan við landið yfirleitt mun meiri en fyrir sunnan land. Þessar breytingar á ástandi sjávar hafa veruleg áhrif á framvindu mikilvægra þátta vistkerfisins.

Athuganir á ástandi sjávar umhverfis Ísland hafa staðið samfelld frá um 1950 að vori og frá því eftir 1970 á öðrum árstíðum. Þær athuganir sem nú eru gerðar á ástandi sjávar á endurteknum mælistöðvum eða staðalsniðum (1. mynd) eru lágmarks athuganir til þess að fylgjast með breytingum á hafsvæðinu á stórum skala. Tíðni athugana hefur verið nálægt fjórum sinnum á ári í tæplega 50 ár, en stöðvum hefur fækkað frá því sem áður var.

Hiti og selta sjávar eða ástand sjávar á Íslandsmiðum ræðst af samspili nokkurra þátta. Vindar og veður á miðunum leika þar að sjálfsögðu stórt hlutverk. Nærliggjandi hafsvæði hafa þó ekki síður mikið að segja og eru Íslandsmið opin fyrir straumum langt úr suðri og norðri. Til viðbótar staðbundnum veðrabreytingum verða hér breytingar sem ýmist eiga uppruna sinn í norðri eða suðri. Hafísarín voru tími aukins flæðis á pólsjó úr Íshafinu en síðustu tveir áratugir hafa verið tími sterkari einkenna Atlantssjávar umhverfis landið.

Jafnframt breytingum sem verða á eiginleikum sjávar á Íslandsmiðum eftir uppruna ríkjandi sjógerða verða sveiflur í næringarefnastyrk sem móta grunn uppsjávarvistkerfa. Unnið hefur verið að því á undanförunum árum að efla þann gagnagrunn sem til er til að styrkja þekkingu á þessu samhengi m.a. með aukinni gagnasöfnun að vetri. Þá eru einnig stundaðar rannsóknir á ólífrænu kolefni sjávar og eru tímaraðir þeirra mælinga frá 1983 og eru nú augljóst og viðurkennt dæmi um mikilvægi reglubundinna athugana í vöktun loftslagbreytinga.

Á tímabilinu frá febrúar 2016 til október 2016 voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland á öllum fjórum árstíðum. Mælt var á staðalsniðum (1. mynd): í vetrarleiðangri í febrúar, vorleiðangri í maí og í ágúst í tengslum við straummælingar og í fyrsta sinn í leiðangi til stofnmælingar botnfiska að hausti í október/nóvember. Í vorleiðangri var mældur styrkur næringarefna og magn og tegundasamsetning plöntu- og dýrasvifs. Hiti, selta, næringarefnastyrkur og magn plöntu- og dýrasvifs var þess utan mælt í síldar- og kolmunnaleiðangri í maí og makrilleiðangri í júlí og ágúst. Gögn úr öllum þessum leiðöngrum eru notuð í þeim yfirlitsgreinum sem á eftir fylgja. Þá verður lýst magni eiturbörunga á völdum stöðum á grunnsævi umhverfis landið.

Heimildir

Héðinn Valdimarsson, Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson. (2012). Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 69: 816-825.

HITI OG SELTA / TEMPERATURE AND SALINITY

Héðinn Valdimarsson og Maria Dolores Perez-Hernandez

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016

Efri lög / Upper layers

Á árinu 2016 var hiti sjávar fyrir sunnan og vestan land um og 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. Hiti seinni hluta árs í efri lögum sjávar var með hæstu gildum sem mælst hafa eftir 1970.

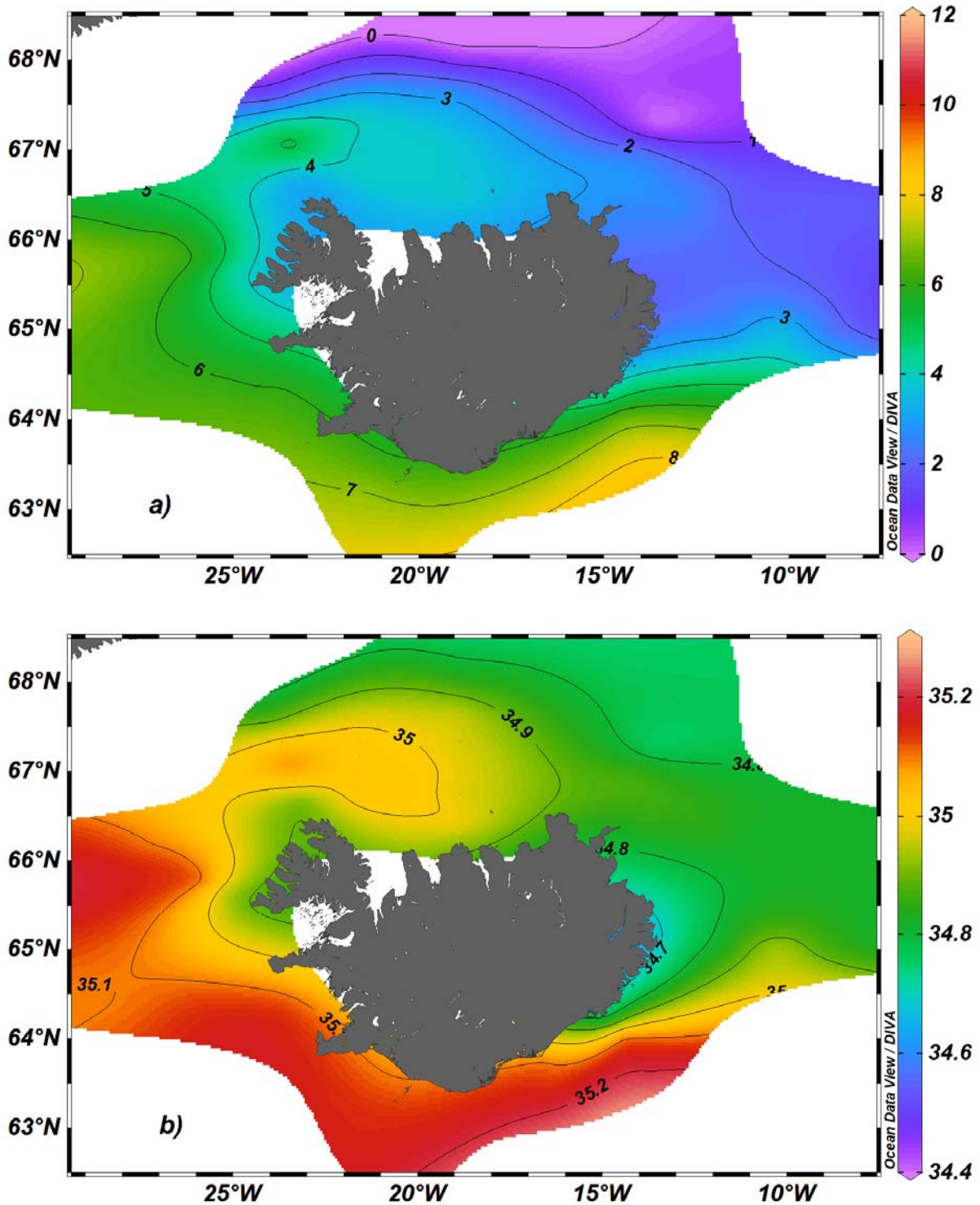
Hiti og selta í hlýsjónum sunnan og vestan við landið fóru hækkandi eftir 1995 og þar til 2003 og 2004 en þá mældist mesta útbreiðsla hlýsjávar umhverfis landið í 30 ár (3. og 4. mynd). Gildi lækkuðu lítillega 2005 eftir að hafís rak inn á Norðurmið í lok vetrar. Eftir árið 2005 voru hiti og selta í 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 heldur minni en þó um eða yfir meðalagi árin 2005 – 2007. Árin 2008 til 2010 jókst útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land einkum að sumri og yfirborðslög voru áberandi heitari en 2007. Árin 2011 til 2014 voru hiti og selta yfir meðallagi fyrir sunnan og vestan land en höfðu þó lækkað frá fyrri áratug. Árið 2015 voru bæði hiti og selta lægri sunnan við land og vestan en verið hafði næstu 20 árin þar á undan.

Í vetrarleiðangi í febrúar 2016 (2. mynd a og b) var hlýsjórinn fyrir sunnan og vestan land kaldari og ferskari en árið áður og var nokkuð undir meðallagi heitur og saltur. Atlantssjávar gætti nokkuð norður fyrir Vestfirði og austur fyrir Siglunes. Á norðurmiðum voru hiti og selta yfir meðallagi þessa árstíma ($\sim 2-3^{\circ}\text{C}$, ~ 34.7). Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi voru um eða yfir meðaltali ($1-3^{\circ}\text{C}$, $\sim 34,8$).

Í vorleiðangri (maí, 2. mynd c og d) var Atlantsjórinn að sunnan undir meðallagi bæði í hita og seltu (hiti $6-8^{\circ}\text{C}$ og selta 35,0-35,15). Innflæði hlýsjávarins inn á Norðurmið náði austur undir Sléttu. Hiti og selta úti fyrir Mið-Norðurlandi var um og yfir meðaltali þessa árstíma ($3-5^{\circ}\text{C}$ og $>35,0$). Í Austur-Íslandsstraumi mældist hiti og selta yfir meðallagi. Úti fyrir Austfjörðum voru sjávarhiti og selta í efri lögum sjávar um meðallag.

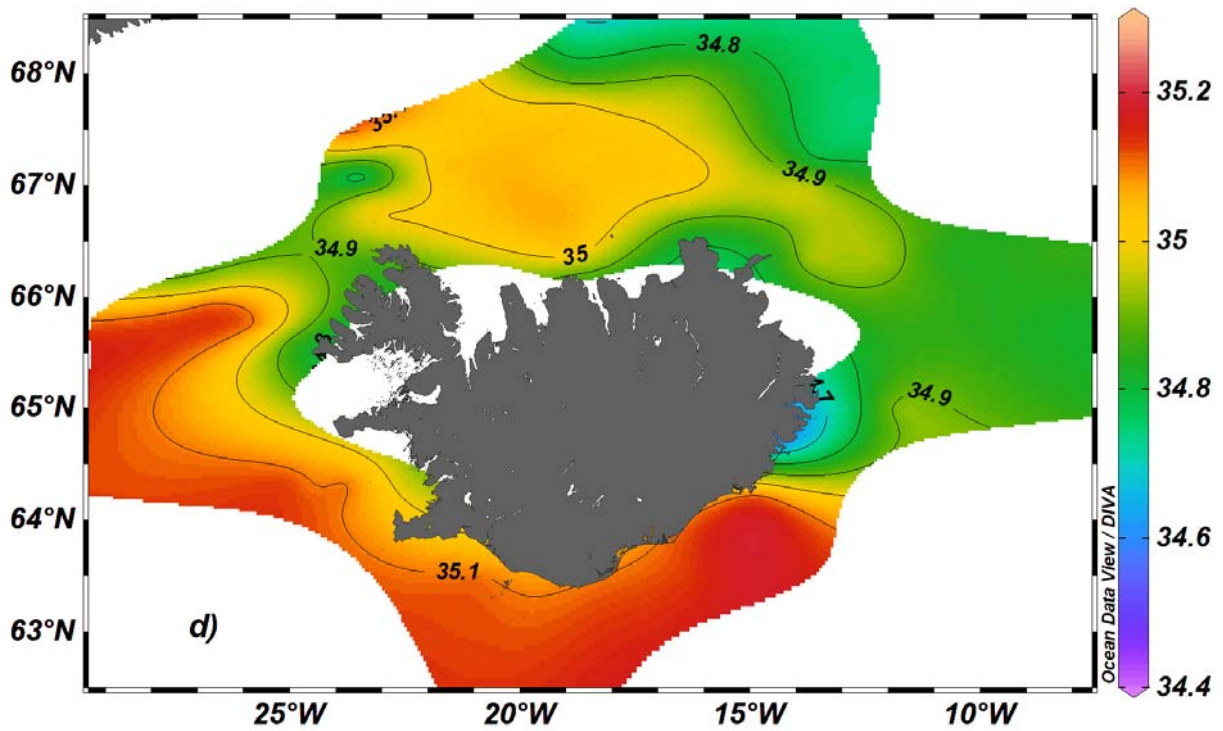
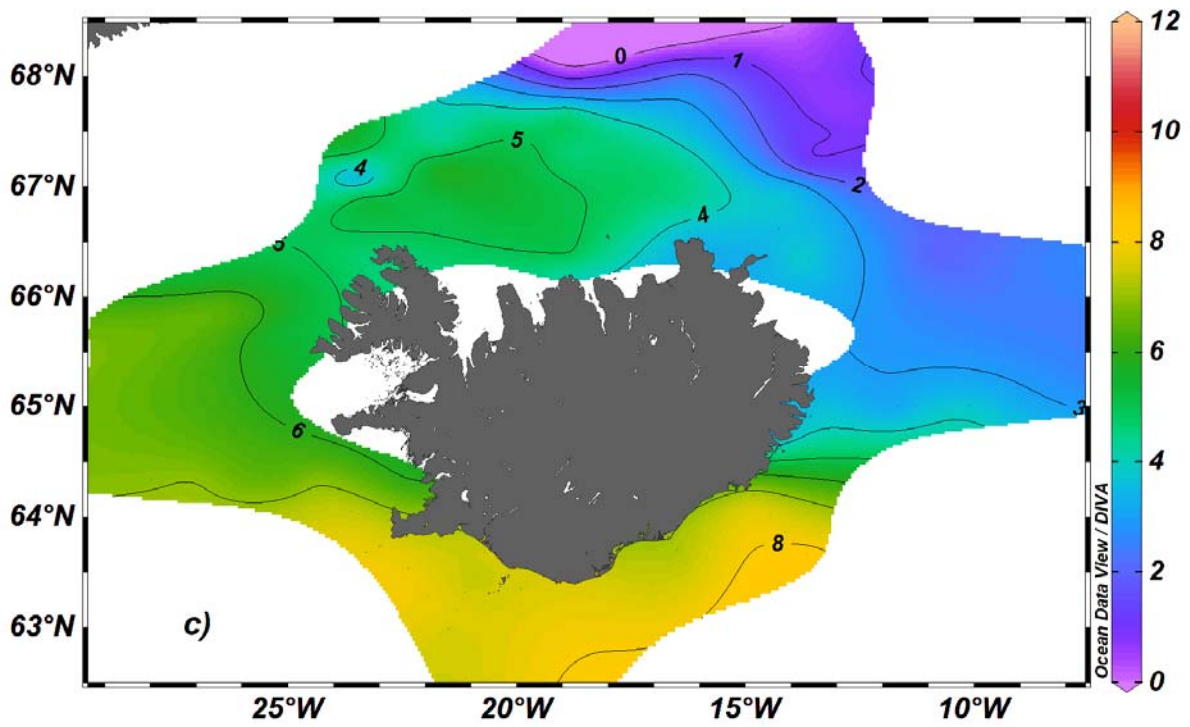
Í ágúst 2016 (2. mynd e og f) var hiti efri laga sunnan og vestan við land undir meðaltali síðustu fjörutíu ára og var selta hlýsjávarins með því lægsta sem mælst hefur að sumri á þeim 45 árum sem mælingar hafa staðið. Fyrir norðan land voru efri lög sjávar yfir meðallagi bæði í hita og seltu. Úti fyrir Norðausturlandi í Austur-Íslandsstraumi var hiti efri laga yfir meðaltali. Sumarhiti við Norð-Austurland hafði lækkað nokkuð frá fyrra ári. Austur af landinu voru hiti og selta yfir langtímameðaltali.

Í haustralli í október (2. mynd g og h) hafði hvort tveggja selta og hiti í hlýsjónum sunnan og vestan lands lækkað áfram og var selta hans lægri en verið hefur í um aldarfjórðung. Hiti efri sjávarlaga norðan og austan við landið var vel yfir meðallagi og selta um meðallag.

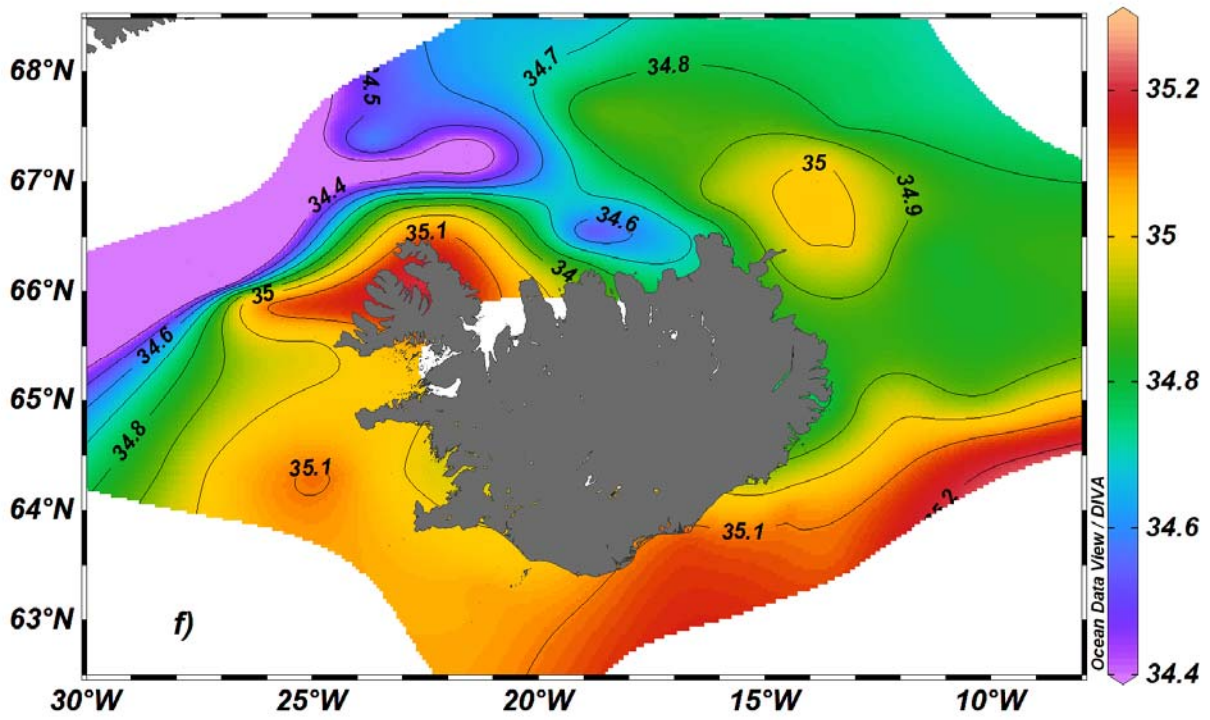
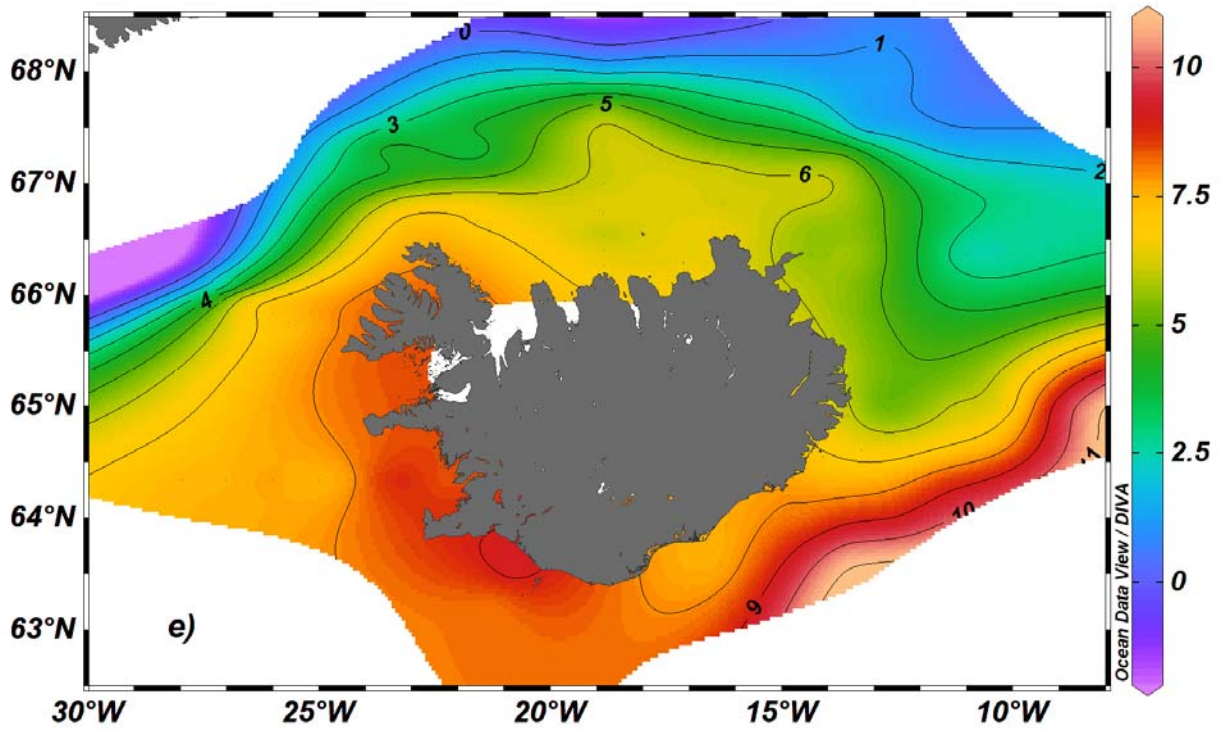


2. mynd. Ástand sjávar að vetrarlagi a) sjávarhiti (°C) og b) selta á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í febrúar 2016.

Figure 2. Environmental conditions in Icelandic waters in winter a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in February 2016.

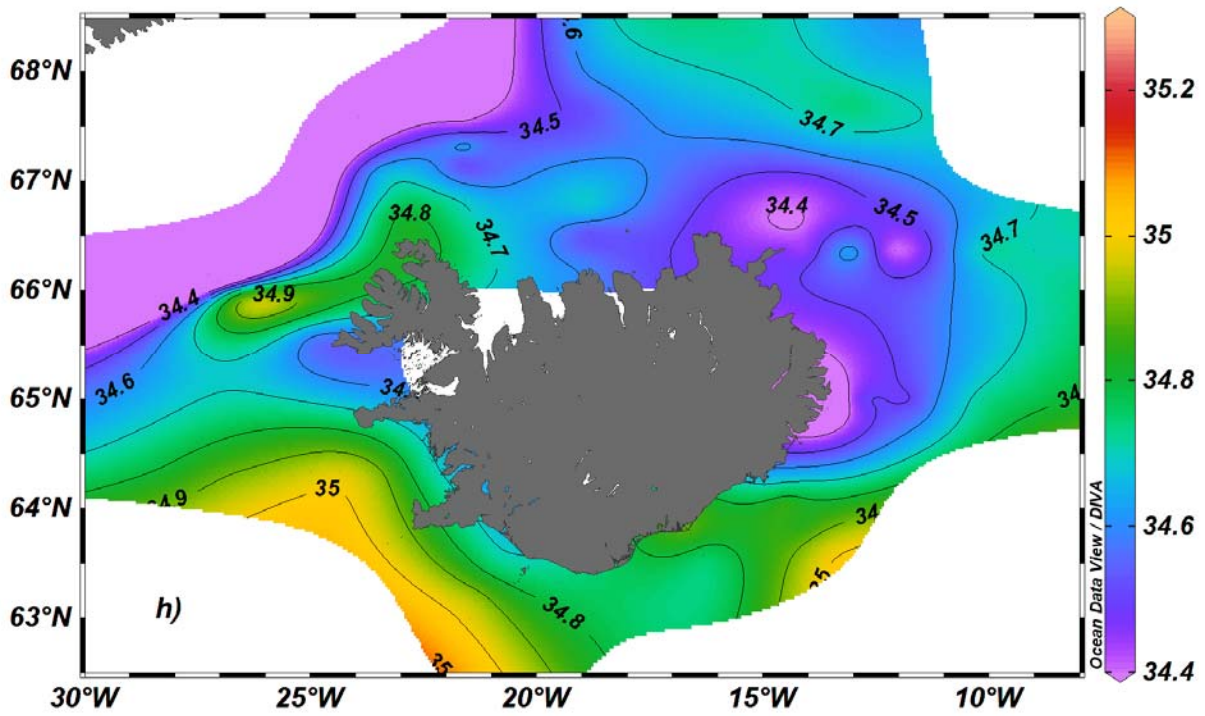
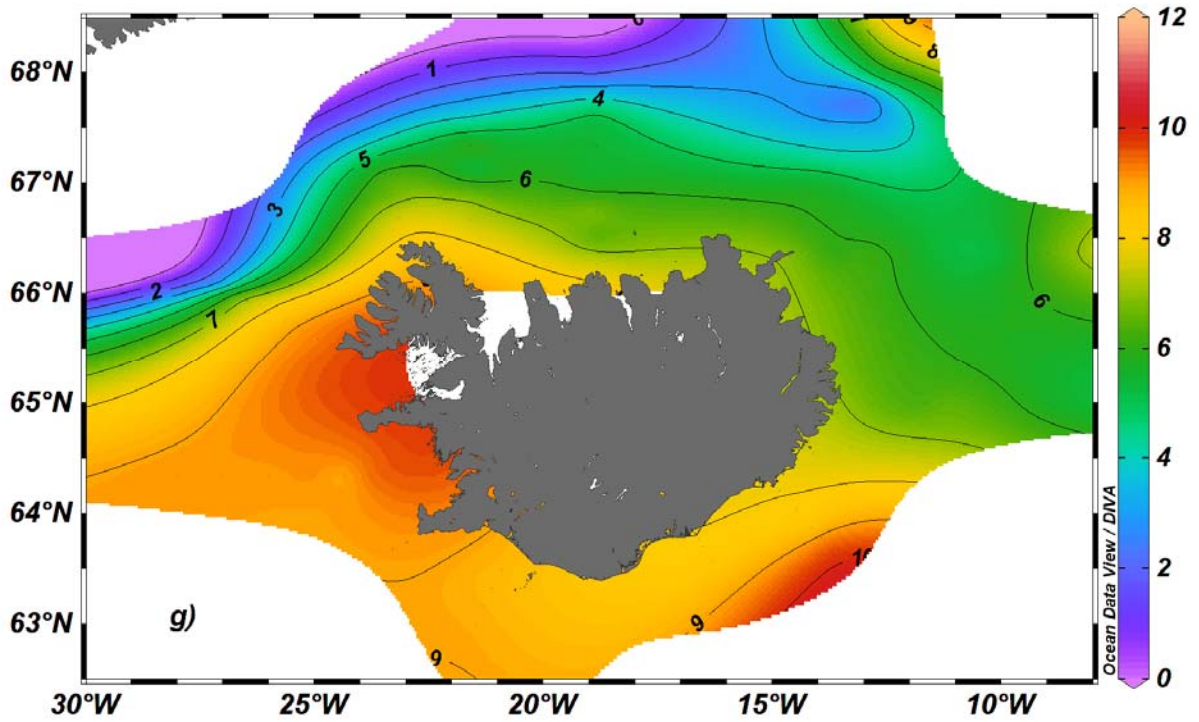


2. mynd. Ástand sjávar að vorlagi c) sjávarhiti (°C) og d) selta á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í maí 2016.
 Figure 2. Environmental conditions in Icelandic waters in spring c) temperature (°C) and d) salinity at 50 m depth in May 2016.



2. mynd. Ástand sjávar að sumarlagi e) sjávarhiti (°C) og f) selta á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í ágúst 2016.

Figure 2. Environmental conditions in Icelandic waters in summer e) temperature (°C) and f) salinity at 50 m depth in August 2016.



2.mynd. Ástand sjávar að haustlagi g) sjávarhiti (°C) og h) selta á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í október 2016.

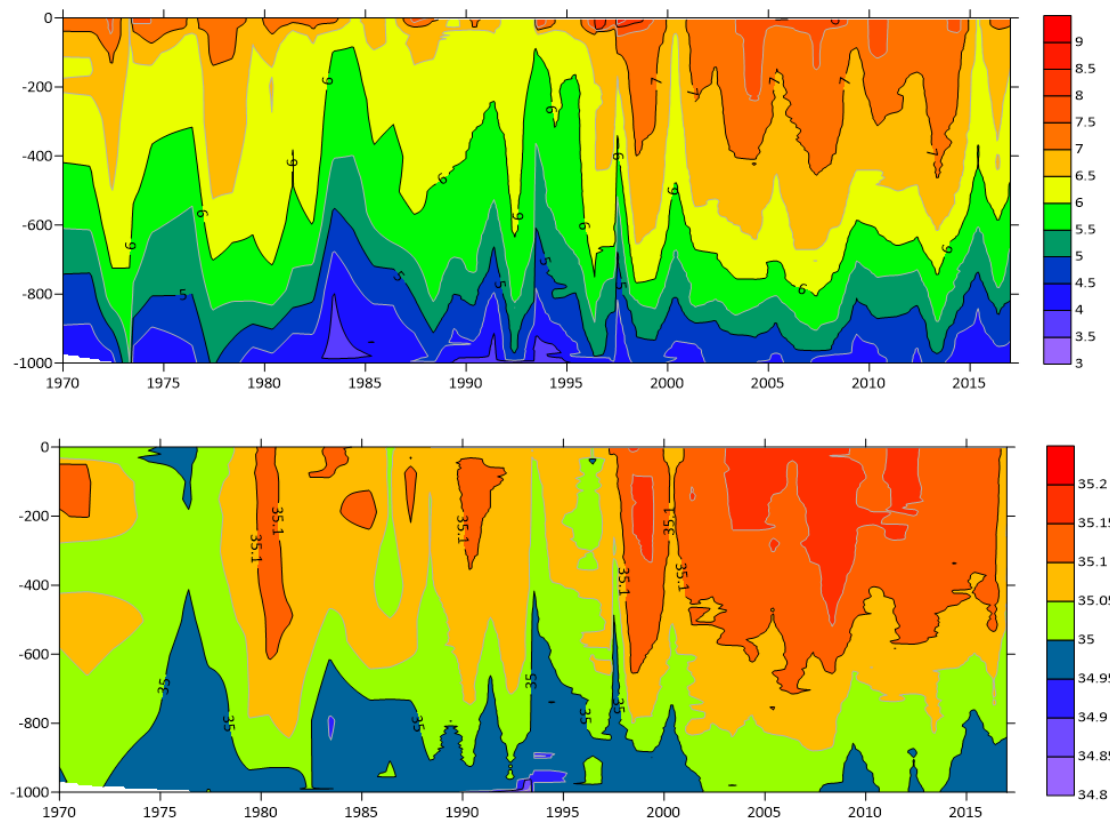
Figure 2. Environmental conditions in Icelandic waters in autumn g) temperature (°C) and h) salinity at 50 m depth in October 2016.

Í megindráttum má segja að árið 2016 hafi hiti í efri lögum sjávar sunnan og vestan við landið verið um eða undir langtímameðallagi en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið. Selta lækkaði frá fyrri árum. Lækkun sjávarhita efri laga var víða um norðanvert Atlantshaf árin 2014 til 2016. Má leiða líkum að því lækkunina leiði af sterkri lóðréttri blöndun sjávar, djúpt suðvestur af landinu, á Labradorhafi og Grænlandsshafi tvo vetur í röð, en sjó af þessum svæðum ber svo upp að íslenska landgrunninu og á endanum norður fyrir land í einhverjum mæli.

Selta lækkaði verulega í Atlantssjónum sunnanlands á árinu 2016, sem má að hluta a.m.k. rekja til sömu aðstæðna í úthafinu.

LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

Tímaraðir endurtekinna mælinga á sama stað og árstíma á hita og seltu sjávar sýna breytingar sjógerða og orkuskipta lofts og lagar frá einu ári til annars og einu árabili til annars.

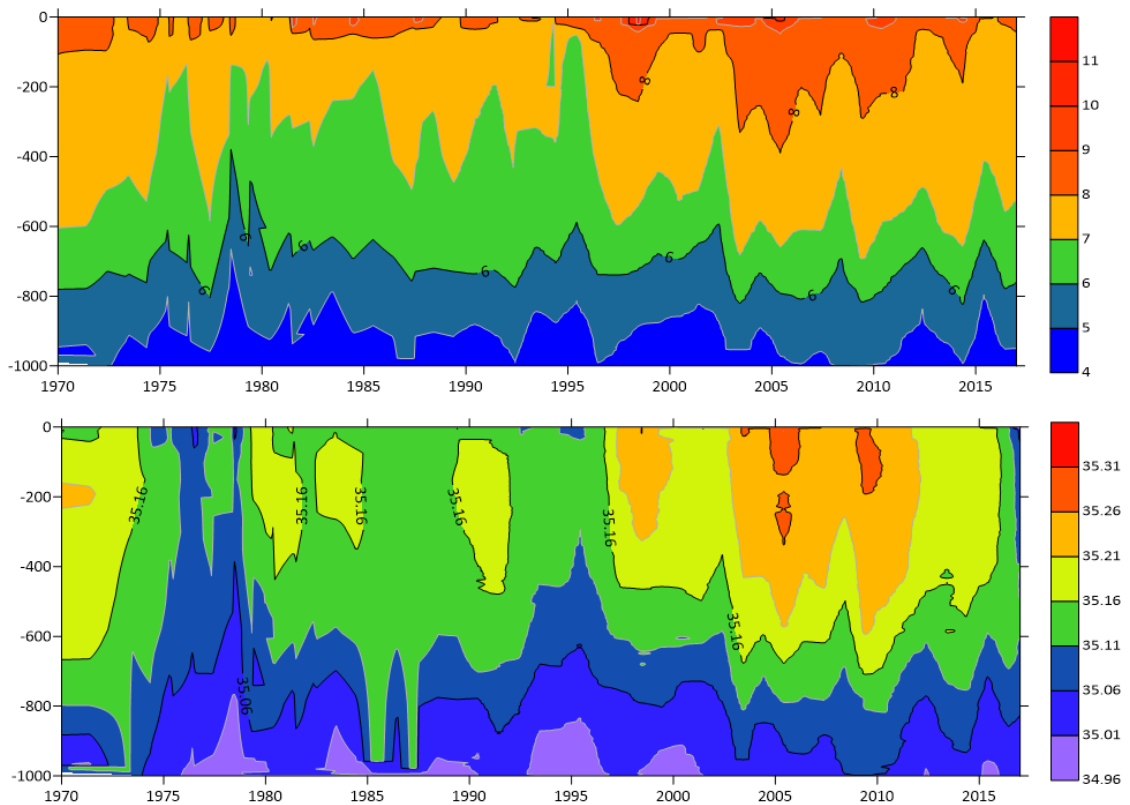


3. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori á stöð FX9 á Faxaflóasniði (Re8 til 1983). Athuganir frá stöð 8 á Reykjanessniði og stöð 9 á Faxaflóasniði eru tengdar saman í samfellda tímaröð. Báðar stöðvar eru staðsettar í kjarna Atlantssjávar sem flæðir til norðurs með landgrunnskanti vestur af Faxaflóa. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar/eftir samfelldar mælingar.

Figure 3. Temperature (upper) and salinity lower at station Fx9 at Faxaflói section (Re8 until 1983). Observations from station 8 in Reykjaness section and station 9 in Faxaflói section are used to get continuous series. Both stations are located in the core of Atlantic water flowing north along the shelfbreak west of Faxaflói. Before 1990 observations are point measurements (water samplers)/ after ctd observations.

Í hlýja sjónum utan við landgrunnsbrún vestur af Faxaflóa og sunnan Selvogsbanka hafa umhverfisaðstæður að jafnaði verið stöðugri en víðast hvar annars staðar við landið. Töluverður breytileiki seltu og hita hefur þó komið fram á þeim tíma sem reglulegar mælingar ná yfir eða frá því eftir hafísárin 1965-1971. Selta hlýsjávarins úr suðri var tiltölulega lág á árunum 1974-1978, 1985-1988 og svo aftur 1992-1995. Oftast fylgist að hærri hiti og meiri selta sjávar þar sem hvort tveggja einkennir Atlantssjóinn úr suðri. Síðustu áratugi hafa orðið nokkrar breytingar á þessum þáttum í hlýsjónum svo sem sjá má á tímaröðum vormælinga í vatnssúlunni utan Faxaflóa og yst á Selvogsbanka (3.mynd og 4.mynd). Árið 1996 fóru hiti og selta vaxandi í hlýja sjónum og og árið 1999 var seltan jafnvel hærri en mælst hafði síðan fyrir hafísárin á sjöunda áratugnum (>35,25). Vorið 2005 mældist hæsta selta miðað við síðustu þrjátíu árin þar á undan. Selta lækkaði þó nokkuð þegar leið á árið. Selta og hiti voru þó áfram há fyrir sunnan landið árin 2006 til 2008. Selta hélst há fram yfir vorið 2010 en lækkaði síðan vorin 2011 til 2016 og var nú sú lægsta frá því fyrir 1996. Þessar breytingar á seltu hafa orðið víðar á Norður-Atlantshafi 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 tvo vetur í röð hafi orðið á Labradorhafi og Grænlandshafi vegna þrálátra norðlægra og norðvestlægra vindátta. Þessi sjór barst smám saman borist upp að sunnan- og vestanverðu landinu og kom fram sem veruleg kólnun efri sjávarlaga eða um 1°-2°C lækkun. Þetta var einkum áberandi í mælingum vorleiðangurs árið 2015. Breytingar í hlýsjónum sunnan við landið skila sér oft síðar í áhrifum á ástand sjávar fyrir norðan land þegar lengra líður.

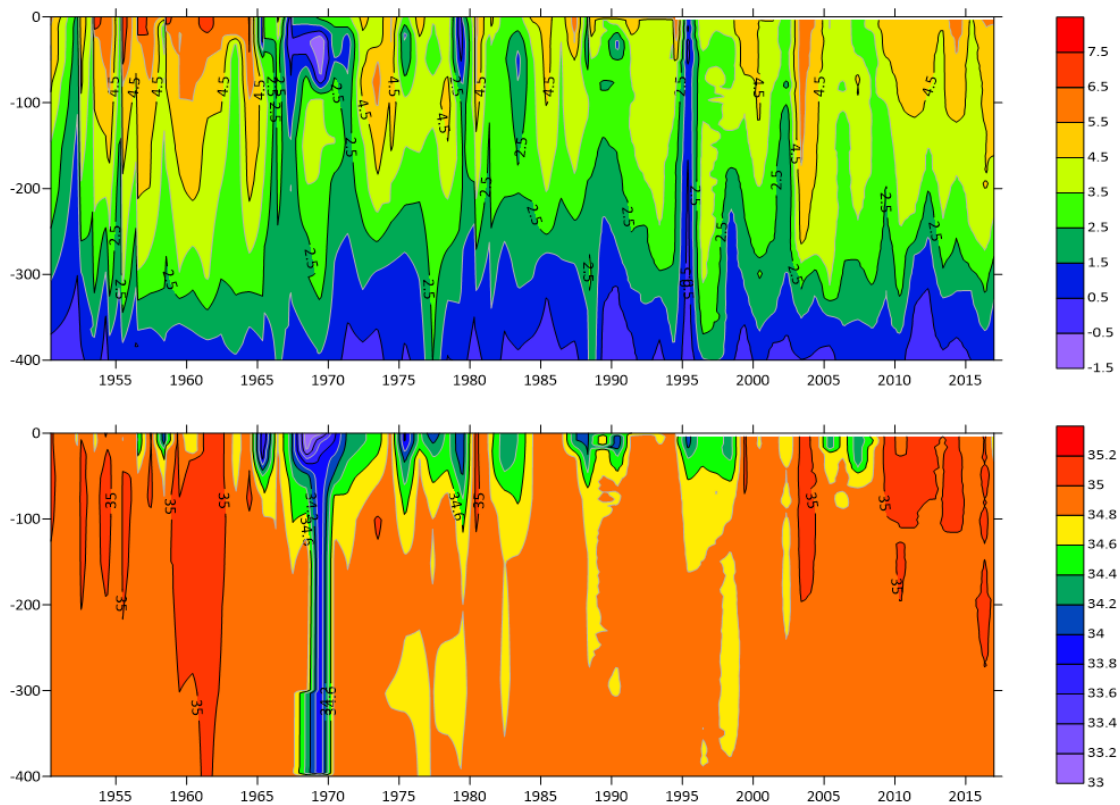


4. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori á stöð Sb5 á Selvogsbankasniði. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar/eftir samfelldar mælingar.

Figure 4. Temperature (upper) and salinity (lower) in spring at station Sb5 on Selvogsbanki section. Before 1990 observations are point measurements (water samplers)/ after ctd observations.

Hitastig og selta hafa verið mæld að vori út af Siglunesi á hverju ári í yfir hálfra öld (5. mynd). Eftir hlýndaskeið á norðanverðu Norður-Atlantshafi eftir 1920 tók að kólna um miðjan sjöunda áratuginn er við tóku hafísár 1965-71 með köldum og seltulágum pólsjó í Íslandshafi. Eins og sjá má á 4 mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlýrri“ ár og „kaldari“ ár á Norðurmiðum. Þeim síðarnefndu hefur stundum verið skipt í pólsjárvarár og svalsjárvarár eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Svalsjárvarár voru þau ár þegar lagskipting var tiltölulega veik að vori. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995.

Niðurstöður frá árunum 1996-98 sýna að heldur hlýnaði á Norðurmiðum eftir 1995. Vorið 2002 var kalt og ferskt en umskipti urðu veturinn á eftir og var árið 2003 eitt það hlýjasta og saltasta sem dæmi eru um á Norðurmiðum, með mikilli útbreiðslu hlýsjávar. Einkennandi fyrir áratuginn 2000 til 2010 var að hiti og selta efri laga að vori hafa oftari verið yfir meðallagi en undir og að vetrarhiti og selta hafa verið yfir eða nærri meðallagi að frátöldu árinu 2002. Hiti og selta síðustu ár hafa verið lægri fyrir vestanverðu Norðurlandi en þó um meðallag en á móti frekar yfir meðallagi fyrir landinu austanverðu.



5. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori í vatnsúlunni á stöð Si3 á Siglunessniði úti fyrir Tröllaskaga. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar/eftir samfelldar mælingar.

Figure 5. Temperature (upper) and salinity (lower) in spring at station Sb5 on Selvogsbanki section. Before 1990 observations are point measurements (water samplers)/ after ctd observations.

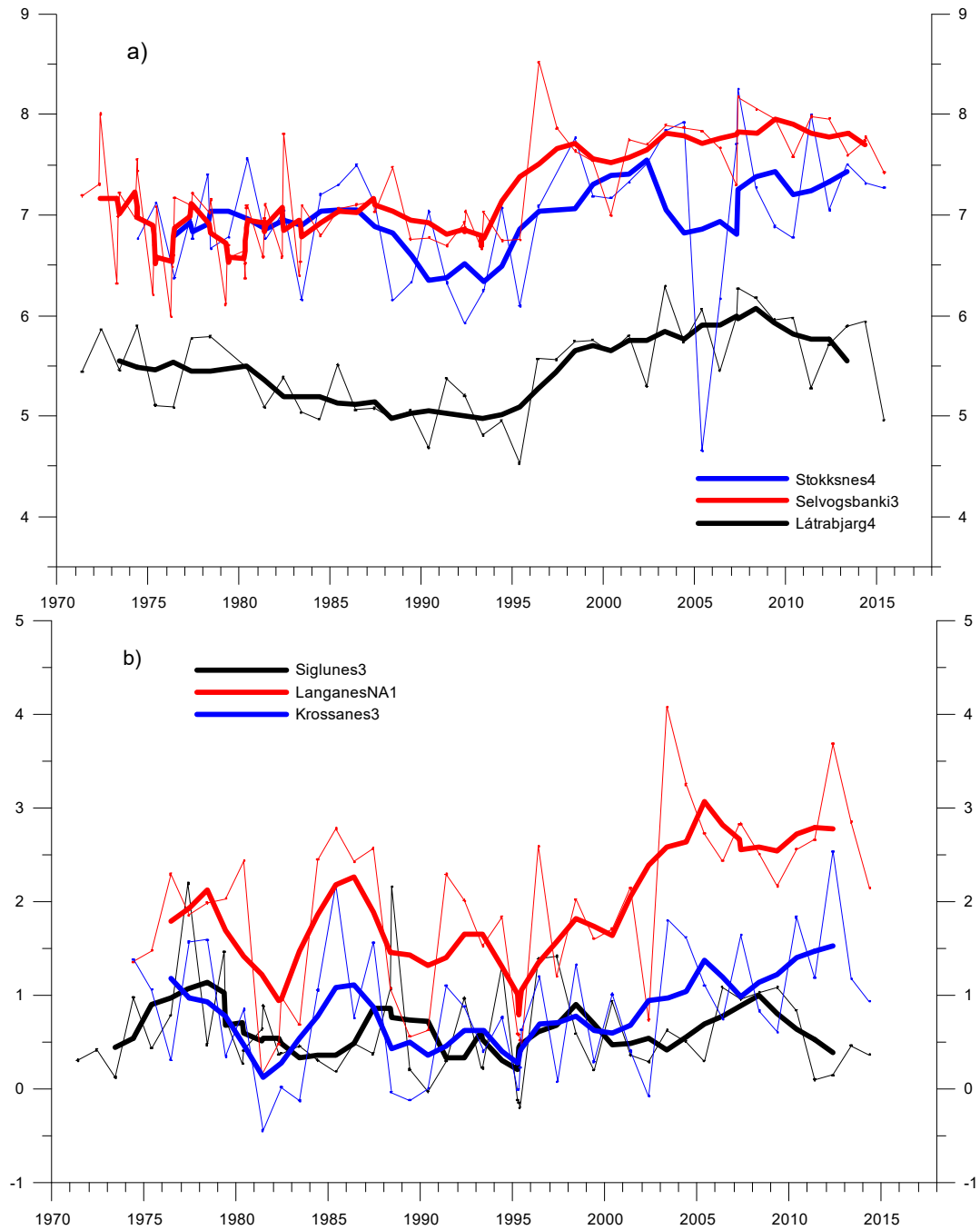
Botnhiti / Bottom temperature

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 kaldsjávar úr norðri, en hærri fyrir sunnan og vestan land vegna áhrifa hlýsjávar úr suðri. Á 6. mynd má sjá tímaraðir meðalhita úr vatnsúlunni nærri botni að vori á nokkrum mælistöðvum umhverfis landið allt frá árinu 1971. Myndin sýnir bæði langtíma hitafar og ársveiflu botnhitans. Tekið er meðaltal af jafndreifðum hitamælingum í vatnssúlunni 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 6. mynd er mismunandi. Þykka línan sýnir hlaupandi meðaltal 5 ára og þannig breytingar á hitafari við botn til lengri tíma. Stöð fjögur 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 í fáar vikur að voru. Stöðvarnar sunnanlands sýna að hiti yfir botni hefur haldist hár nánast í tvo áratugi og hlýrri sjór jafnvel verið meira áberandi vestanlands. Hlýindi héldust við botn á þessum slóðum í stórum dráttum áfram 2015 en dró verulega úr þeim 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 innar ársins á stöð þrjú á Siglunessniði (Siglunes 3) þar sem botndýpi er meira en á hinum stöðvunum sem sýndar eru á 9. mynd b. Merkja má hærra botnhita á landgrunninu norðaustan og austanlands á stöð eitt á Langanesi NA og stöð þrjú á Krossanesi á síðustu árum, sérstaklega 2003 og 2010 en botnhiti á þessum stöðum hefur lækkað nokkuð eftir 2010.



6. 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 línulegra 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 6. 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. Siglunes3 (bottom depth about 470 m), LanganesNA1 (bottom depth about 190 m) and Krossanes3 (bottom depth about 210 m).

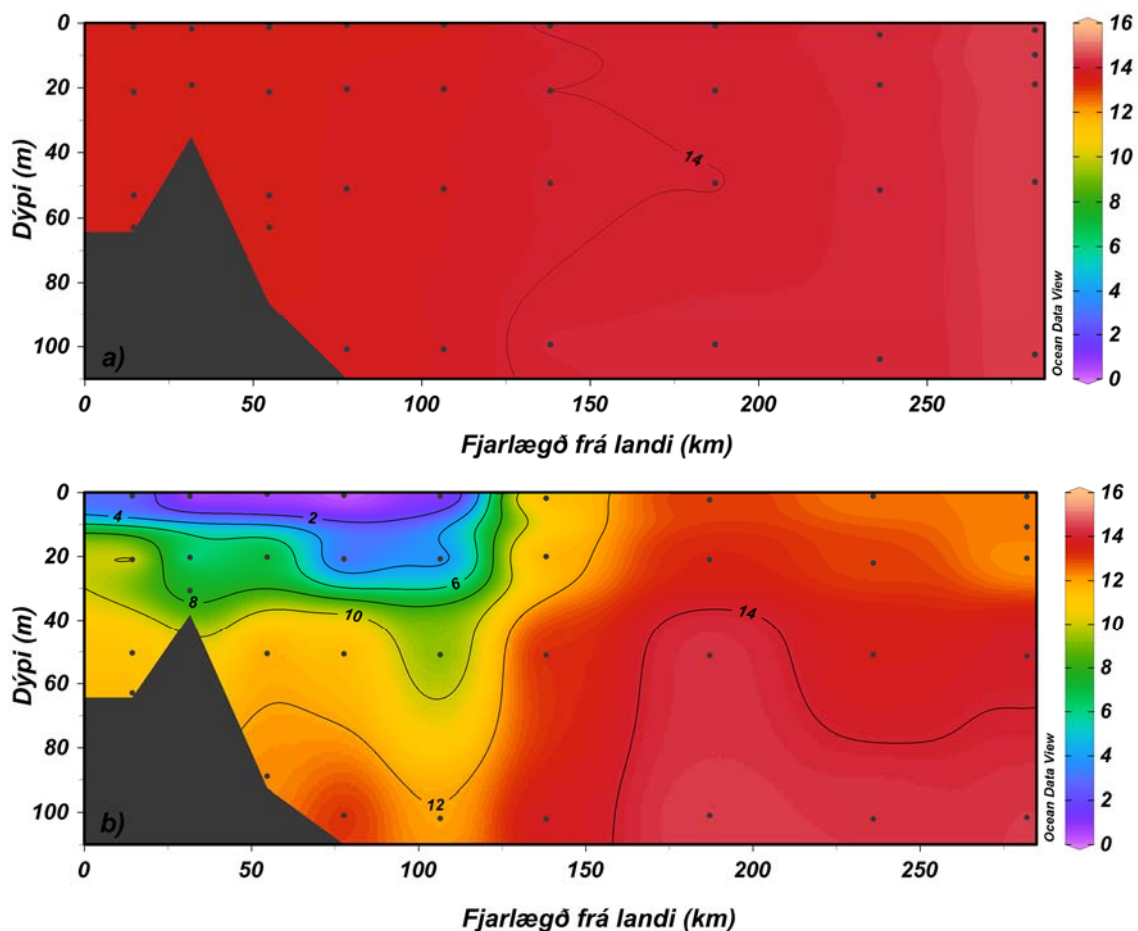
NÆRINGAREFNI / NUTRIENTS

Sólveig R. Ólafsdóttir

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016

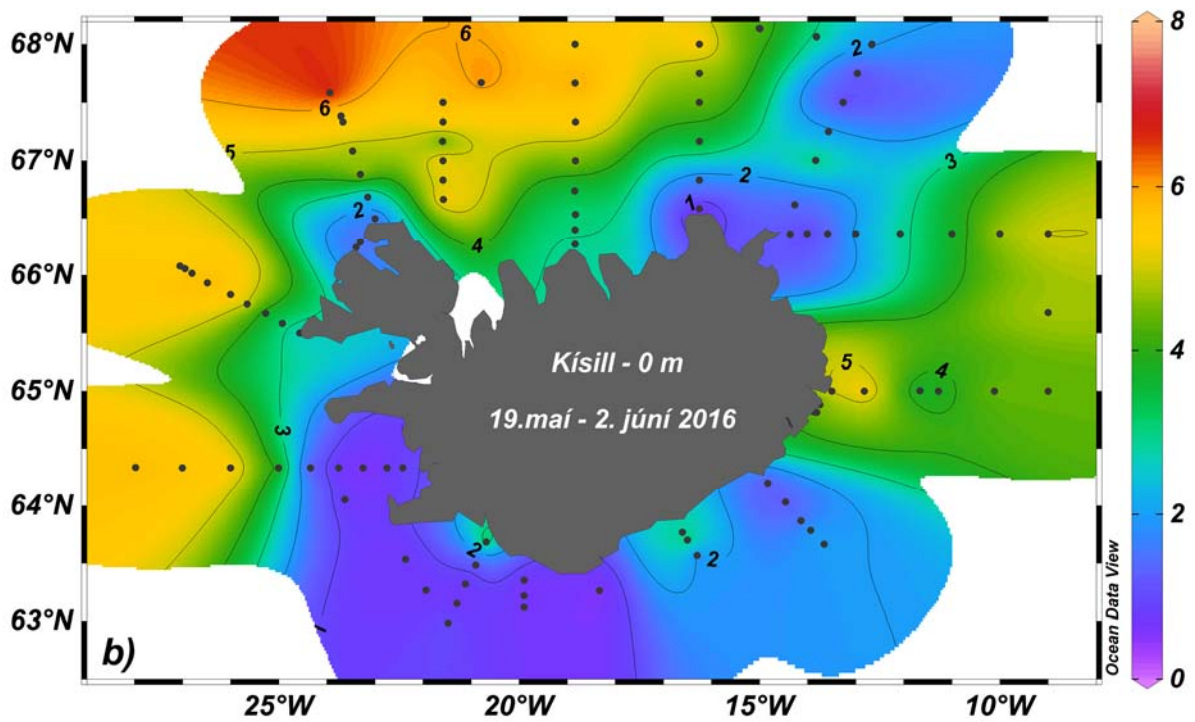
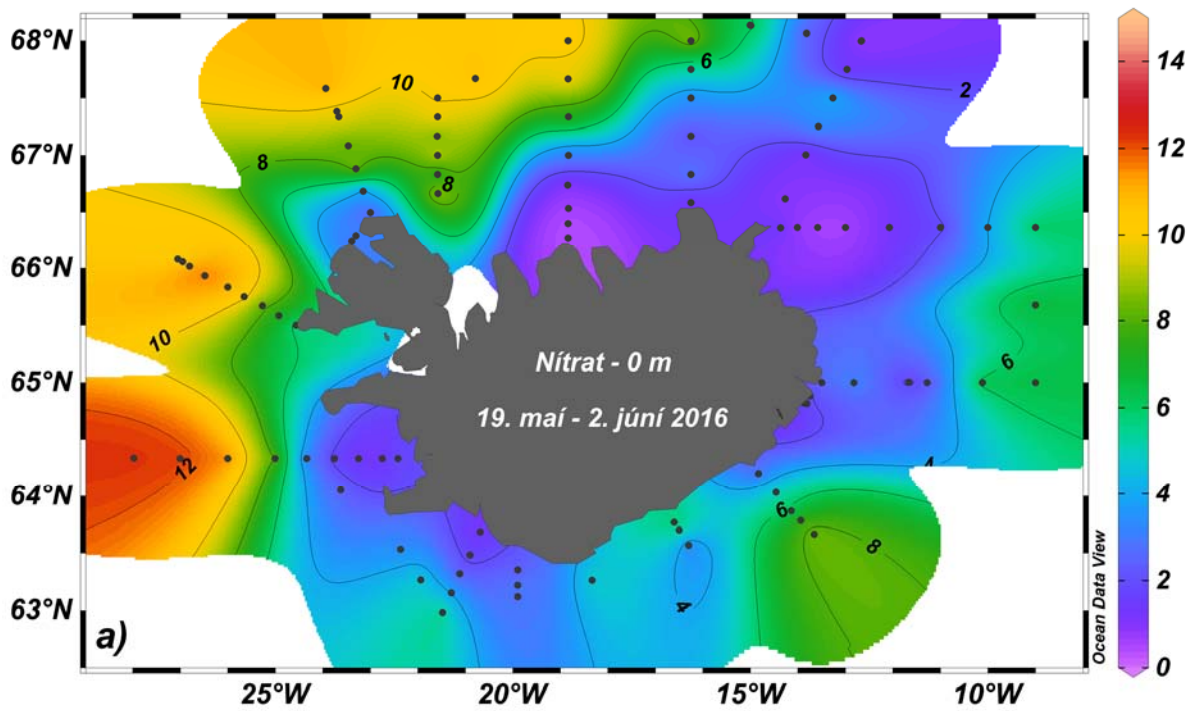
Styrkur næringarefna var kannaður í maí á hafsvæðinu umhverfis Ísland og einnig var gerð mæling á völdum rannsóknasniðum (1. mynd) í febrúar. Styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar breytist reglulega með árstíma. Árlegt hámark er síðla vetrar þegar lóðrétt blöndun sjávarins nær langt niður í vatnssúluna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

Styrkur nítrats í efstu 100 metrunum á Faxaflóasniði 28. – 29. febrúar 2016 er sýndur á 1. mynd a. Nítratstyrkur var lítið lægri nær landi en á ystu stöðvunum og var að meðaltali $13,5 \mu\text{mol L}^{-1}$ á stöðvum 1 – 3. Yst á sniðinu var styrkurinn $14,3 \mu\text{mol L}^{-1}$ 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 stöðvum 1 – 5 vegna frumframleiðni. Sú lækkun var þó mest nærri landi en á ytri stöðvunum voru gildin nær óbreytt frá því sem mældist í febrúar utan að lítils háttar lækkun á styrknum yst á sniðinu.



1. mynd. Lóðrétt dreifing nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Faxaflóasniði a) 28. – 29. febrúar 2016 og b) 19. – 20. maí 2016.

Figure 1. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) on the Faxaflói section a) 28.-29. February 2016 and b) 19.- 20. May 2016.



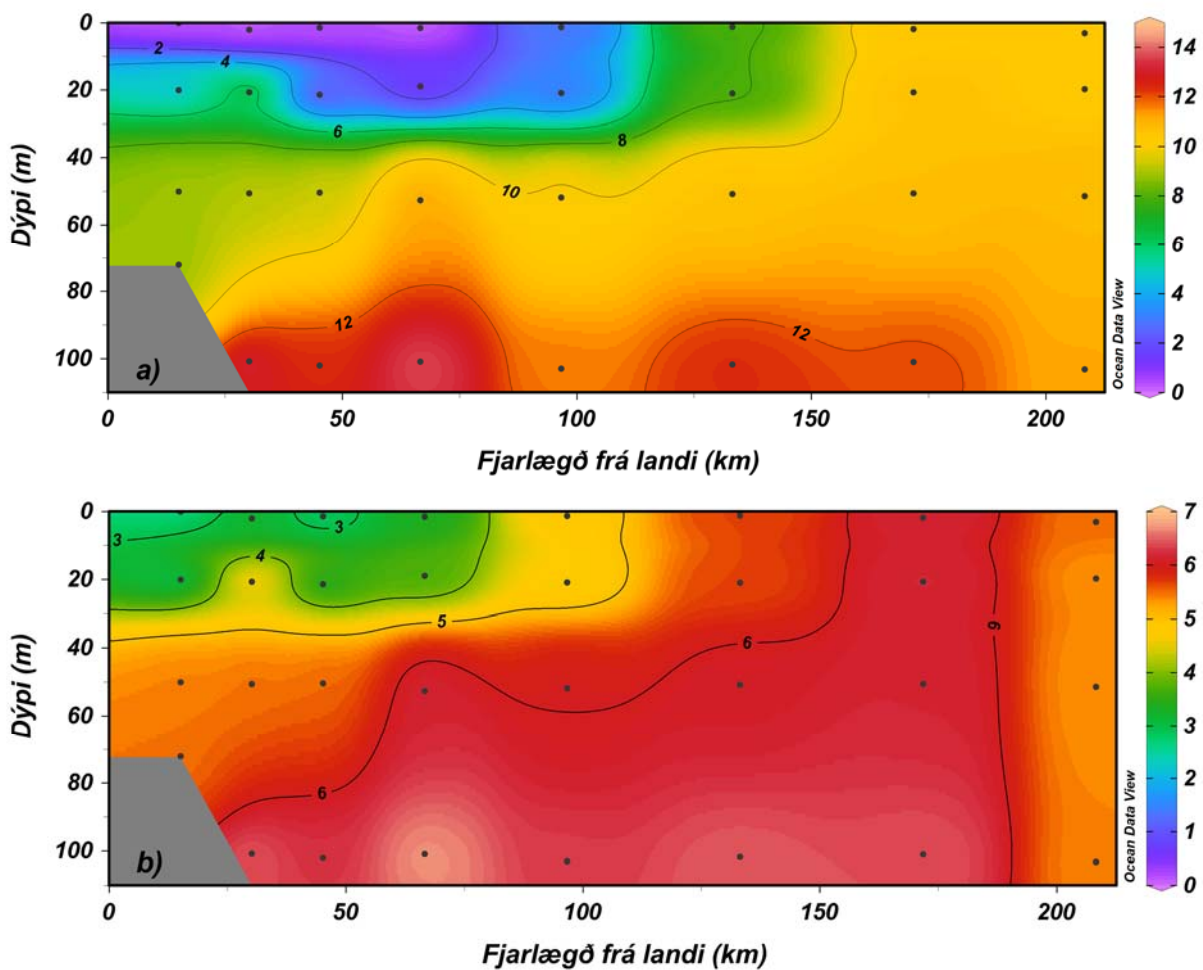
2. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 19. maí – 2. júní 2016, a) nítrat (NO_3 , $\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísill (Si , $\mu\text{mol L}^{-1}$).

Figure 2. Nutrient concentrations at the surface in Icelandic waters 19. May- 2. June 2016 a) nitrate (NO_3 , $\mu\text{mol L}^{-1}$) and b) silicate (Si , $\mu\text{mol L}^{-1}$).

Dreifing nítrats og kísils við yfirborð á rannsóknasvæðinu dagana 19. maí– 2. júní 2016 er sýnd á 2. mynd. Víða á grunnsævi hafði styrkur næringarefna lækkað verulega frá vetrargildum (2. mynd). Lagskipting var í styrk næringarefna yfir landgrunninu 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 svifþörungum var ekki afstaðinn þar þegar mæingar fóru fram. Úti fyrir Norðurlandi og austur fyrir Langanes var styrkur næringarefna í efstu metrum sjávar orðinn mjög lágur og ljóst að mikill blómi svifþörungum hafði þegar orðið á þeim slóðum.

Austan lands og sunnan hafði einnig orðið töluverð lækkun á styrknum en þar var þó enn til staðar töluvert köfnunarefni sem gat staðið undir miklum vexti svifþörungum til viðbótar (2. mynd).

Dreifing nítrats og kísils með dýpi á Siglunessniði í maí er sýnd á 3. mynd. Mikið hafði gengið á vetrarforða næringarefna á nær öllu sniðinu og náði styrklækkunin niður undir 50 metra dýpi en lítið hafði gengið á vetrarforða næringarefna á ystu stöðvunum á sniðinu.



3. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísils ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Siglunessniði 23. maí 2016.

Figure 3. Vertical profiles of a) nitrate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) and b) silicate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) on the Siglunes section 23. May 2016.

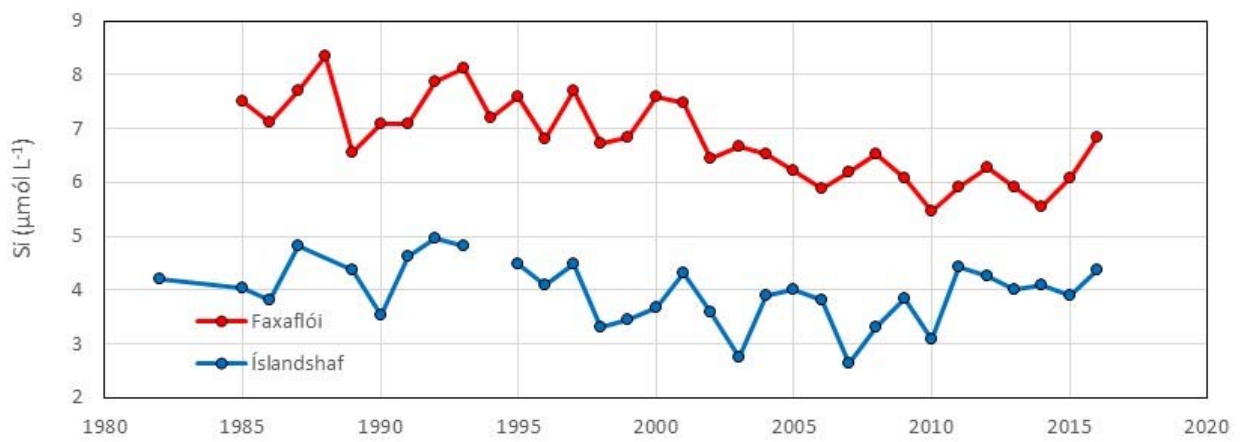
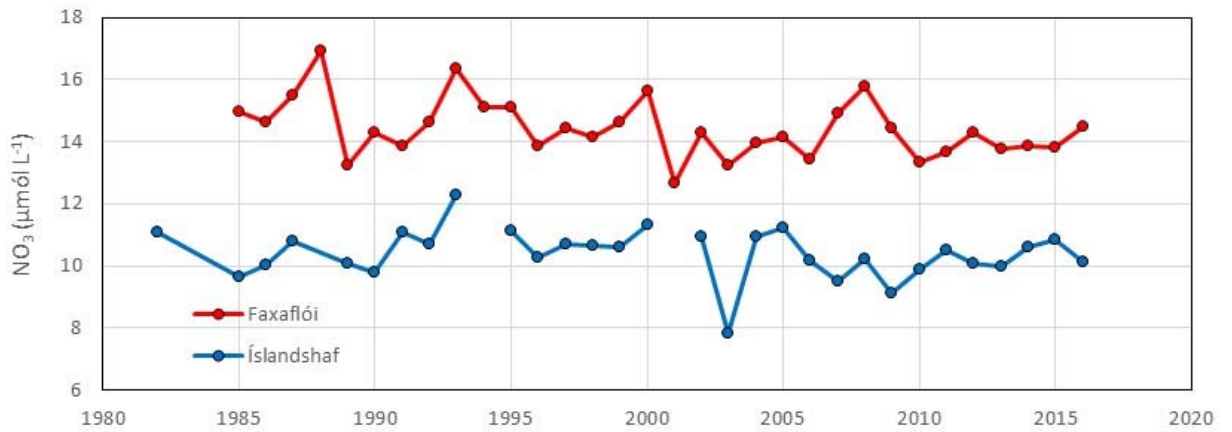
LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

Reglubundnar rannsóknir á næringarefnum á öllu íslenska hafsvæðinu hafa einungis verið gerðar á vorin, í tengslum við rannsóknir á plöntusvifi og framleiðni, en einnig eru gerðar ársfjórðungslegar mælingar á tveimur stöðum, öðrum í hlýsjó vestur af landinu (FX9) og hinum í köldum sjó fyrir norðaustan land (LN6). Til að meta á langtímabreytingar á styrk næringarefna eru hér skoðuð gögn úr leiðöngurum sem farnir eru um hávetur þegar áhrif frá lífríkinu eru hverfandi. Vorið er hins vegar sá árstími þegar breytingar á næringarefnastyrk í sjónum eru hraðastar. Á kaldtempruðum svæðum breytist styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar reglulega með árstíma og er það afleiðing af bæði lífrænum og eðlisfræðilegum ferlum. Mikill munur er á hlýsjónum sunnan og vestan landsins annars vegar og kalda sjónum fyrir norðan og austan hins vegar.

Dýpt blandaða lagsins við yfirborð er mest um hávetur en minnkar síðan að vori þegar hitaskiptalag myndast, eða þar sem sjór með lága seltu flæðir yfir eðlisþyngri og saltari sjó. Samhengi er milli vetrarstyrks næringarefna í yfirborðslögum og dýptar blandaða lagsins að vetrarlagi þar sem aukin lóðrétt blöndun að vetrarlagi gefur hærri styrk næringarefna í yfirborðslögum. Slíkt samband er mun sterkara fyrir norðan en í hlýsjónum sunnan og vestan landsins. Þannig ráða aðstæður að vetrarlagi miklu um styrk næringarefna að vorlagi og hafa þannig áhrif á framleiðnigetú svæðisins, en framleiðnigeta ræðst þó af einnig af mörgum öðrum þáttum. Næringarefni berast yfirborðslaginu eftir mörgum leiðum svo sem við lóðréttra blöndun, vegna hreyfingar sjávar, með blöndun vegna vinda og blöndun yfir hitaskiptalagið. Á norðlægum slóðum er lóðrétta blöndunin langmikilvægasta ferlið. Styrkur næringarefna á íslenska landgrunninu er aðallega háður styrk þeirra í þeim sjó sem berst inn á svæðið að utan nema nálægt ströndum þar sem ferskvatnsblöndunar gætir.

Langtímabreytingar 1985-2016 á styrk nitrats og kísils að vetrarlagi í stöð 9 á Faxaflóa og stöð 6 á Langanesi N-Austur frá 1982-2016 eru sýndar á 4. mynd. Myndirnar sýna meðaltöl styrks í efstu 100 metrum sjávarins á stöð 9 á Faxaflóasniði og úr efstu 50 metrum sjávarins á stöð 6 á Langanessniði N-Austur úr mælingum frá janúar til mars ár hvert.

Í Íslandshafi er vetrarstyrkur næringarefna lægri en í hlýsjónum sunnan lands og vestan. Vetrarstyrkur nitrats hefur verið á bilinu 7,8 til 10,4 $\mu\text{mól L}^{-1}$ og kísilstyrkur á bilinu 2,6 – 5,0 $\mu\text{mól L}^{-1}$ í Íslandshafi en á Faxaflóa eru nítatgildin eru á bilinu 12,7 -17,0 $\mu\text{mól L}^{-1}$ og kísilstyrkur frá 5,5 – 8,35 $\mu\text{mól L}^{-1}$. Áberandi breyting varð á kísilstyrk árið 2002 og tengist breytingum á hita og seltu sjávarins. Þar lækkaði vetrarstyrkur kísils um fjórðung og þar með sá forði kísils sem kísilþörungur hafa úr að spila í komandi vorblóma.



4. mynd. Styrkur nítrats og kísils við yfirborð að vetrarlagi á stöð 9 á Faxaflóa á tímabilinu 1985-2016 og stöð 6 á Langanesi N-Austur á tímabilinu 1982-2016.

Figure 4. Wintertime nutrient concentrations in the surface layer on station 9 on Faxaflói section from 1985-2016 and on station 6 on Langanes N-East section from 1982-2016.

SVIFPÖRUNGAR / PHYTOPLANKTON

Kristinn Guðmundsson

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016

Blaðgræna gegnir lykilhlutverki við ljóstillifun gróðurs. Hér er litið svo á að magn blaðgrænu standi í réttu hlutfalli við lífmassa svifpörunga, enda eru svifpörungar nánast eini gróðurinn sem þrífst í hafinu utan strandsvæða. Niðurstöður mælinga á blaðgrænu miðað við rúmmál eru því vísbending um magn svifpörunga. Ennfremur er gert ráð fyrir að frumframleiðsla/vöxtur svifpörunga sé í réttu hlutfalli við magn þeirra í yfirborðslagi sjávar, háð nýtanlegu ljósi og framboði næringarefna. Hluti frumframleiðslunnar er étinn af svifdýrum eða hripar til botns.

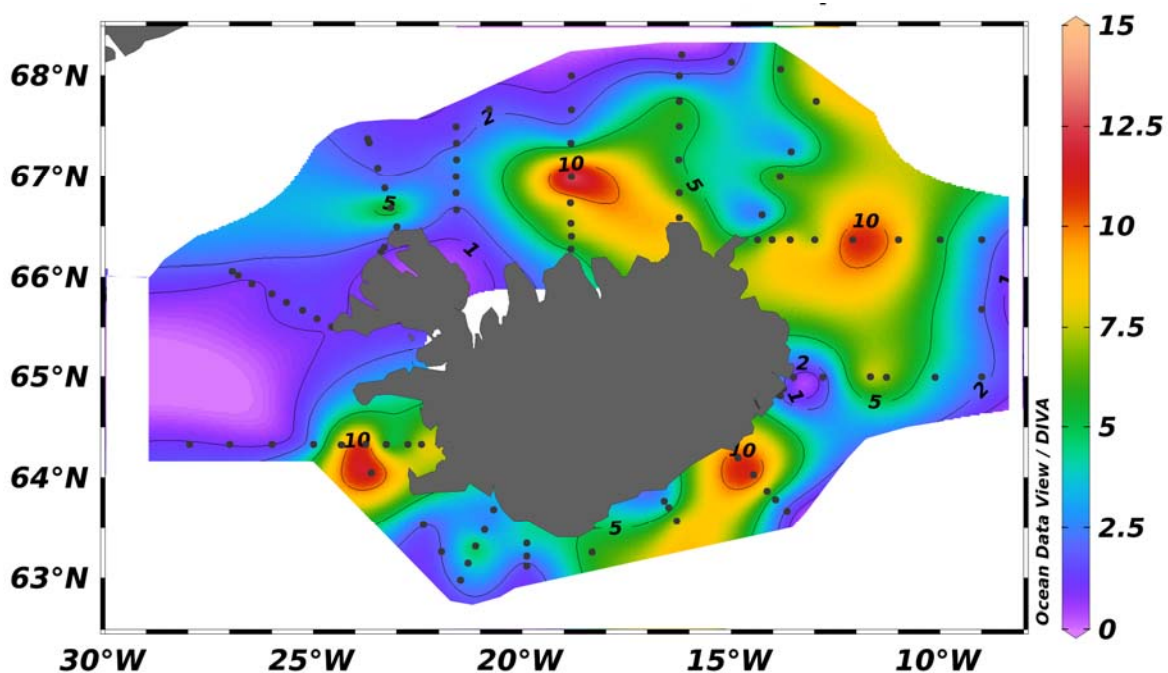
Niðurstöður blaðgrænumælinga í hafinu umhverfis Ísland til margra ára hafa sýnt að vænta má að efstu 20 metrar vatnssúlunnar séu uppblandaðir yfir gróðurtímabilið. Því má gera ráð fyrir að mælt magn blaðgrænu á 10 metra dýpi gefi góða vísbendingu um gróðurmagnið í yfirborðslaginu, þar sem megnið af frumframleiðslu í vatnssúlunni á sér stað. Dreifing blaðgrænu á 10 metra dýpi, samkvæmt niðurstöðum mælinga á sjósýnum frá seinni hluta maí 2016, er sýnd á 1. mynd.

Styrkur uppleystra næringarefna í efstu metrum sjávar er mestur í lok vetrar, en lækkar hratt að vori í takt við vöxt svifgróðurs. Þegar dreifing á annars vegar niðurstöðum mælinga á styrk næringarefna (2. mynd í kafla um næringarefni) og hins vegar á magni blaðgrænu (1. mynd) eru bornar saman er þessi neikvæða fylgni iðulega augljós. Mæling á magni blaðgrænu segir samt aðeins til um hve mikil blaðgræna er til staðar á þeim tíma sem sjósýni er tekið, en í niðurstöðum mælinga á styrk næringarefna felst vísbending um hve mikill vöxtur hefur átt sér stað og hvort framhald geti orðið á vexti gróðurs. Í eftirfarandi túlkun á niðurstöðum mælinga á blaðgrænu í sjósýnum sem safnað var vorið 2016 um framvindu gróðurs er tekið mið af tilsvarendi niðurstöðum mælinga á styrk næringarefna.

Hámark vorblóma var yfirstaðið í Faxaflóa um miðjan maí, í upphafi vorleiðangurs. Nánast engin gróðuraukning hafði átt sér stað vestur af landinu utan grynstu stöðva á hverju sniði og innan afmörkaðs flekks á Kögursniði (1. mynd). Hins vegar fannst umfangsmikill og nær samfelldur gróðurflekkur frá Siglunessniði og austur fyrir landið. Næringarefni á umræddu svæði voru að mestu upp urin, svo frekari vöxtur gróðurs þar er háður hugsanlegri endurnýjun á næringarefnum á svæðinu, og/eða endurnýtingu næringarefna. Minna var um gróður á suðausturhluta rannsóknasvæðisins og sömuleiðis víðast hvar undan Suðurströndinni, en þar mældist talsverður næringarefnastyrkur og því víða von á áframhaldandi vexti, að vorleiðangri loknum.

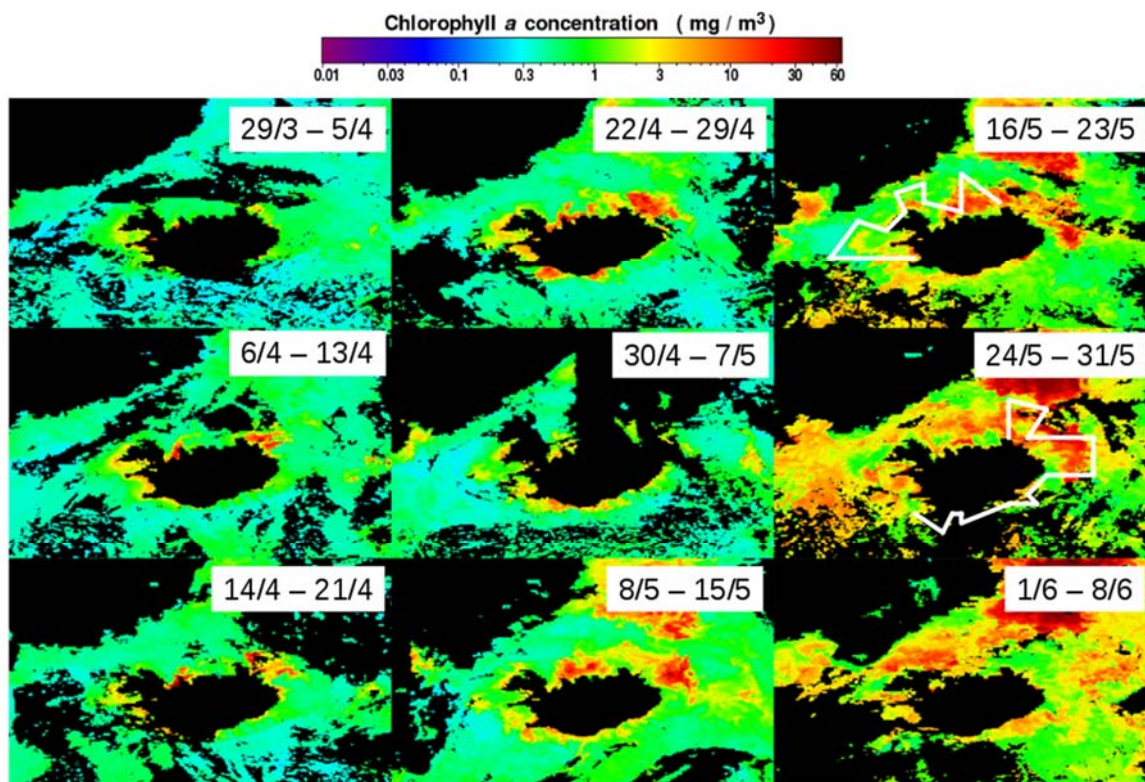
Einnig má ráða í framvindu svifgróðurs með því að skoða niðurstöður mælinga frá gervitunglum á magni blaðgrænu í yfirborði sjávar. Fjarmælingar frá gervitunglum hafa þann augljósa kost

að svæðið allt er vaktað með reglulegubundnum hætti. Eins og nefnt var hér frammar má gera ráð fyrir að u.þ.b. 20 efstu metrarnir séu uppblandaðir og því má vænta samræmis í samtíma niðurstöðum um lárétta dreifingu blaðgrænumagns á rannsóknasvæðinu, frá bæði gervitunglamælingum og hefðbundnum mælingum frá t.d. 10 metra dýpi, eins og lýst var hér að framan (1. mynd). Viðeigandi myndir sem sýna hnattræna dreifingu blaðgrænu við yfirborð sjávar frá í byrjun apríl og fram í byrjun júní voru sóttar frá vefsíðu NASA (OC3, átta daga meðaltöl, sótt á <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>) og klipptir úr þeim bitar sem sýna rannsóknasvæðið umhverfis Ísland. Úrklippurnar, sem er raðað saman í 2. mynd, gefa góða hugmynd um framvindu gróðurs vorið 2016. Leiðarlínur Bjarna Sæmundssonar í vorleiðagri hafa verið strikaðar á viðkomandi myndbrot, til að auðvelda samanburð við kortið sem sýnir dreifingu mældrar blaðgrænu á stöðvum (1. mynd).



1. mynd. Magn a-blaðgrænu (mg m^{-3}) á 10 metra dýpi í hafinu umhverfis Ísland, 19. – 31. maí 2016.

Figure 1. Distribution of chlorophyll a (mg m^{-3}) around Iceland, 19. – 31. May 2016.



2. mynd. Dreifing a-blaðgrænu (mg m^{-3}) við yfirborð, skv. fjarmælingum NASA í hafinu umhverfis Ísland frá byrjun apríl og fram í júní 2016. Hvítar línur á myndum frá síðari hluta máí sýna leiðarlínu rannsóknaskips Hafrannsóknastofnunar í vorleiðangri. Birt með góðfúslegu leyfi Ocean Color Data / NASA, Geimferðastofnun Bandaríkja Norður Ameríku.

Figure 2. Changes in distribution of chlorophyll a (mg m^{-3}) around Iceland according to NASA, VIIRS satellite data, from early April to the beginning of June 2016. 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.

Vel má sjá af 2. mynd hvernig gróðuraukningin hefst meðfram ströndum landsins og inn á fjörðum og flóum snemma í apríl. Fram í miðjan maí er áberandi meiri gróður yfir landgrunninu en utan þess. Í köldum sjó djúpt norðan og austan landsins urðu greinilega ákjósanleg vaxtarskilyrði fyrir svifgróður fyrr á árinu en í hlýrri sjó í úthafinu suður og vestur af landinu. Ætla má að framangreindur munur á framvindu gróðurs, annars vegar norðaustur og hins vegar suðvestur af landinu, ráðist fyrst og fremst af útbreiðslu seltulágs yfirborðssjávar og tilsvareandi lagskiptingu í sjó fyrir norðan. Um miðjan maí, á þeim tíma sem árlegur vorleiðangur Hafrannsóknastofnunar er farinn, er einmitt víða að myndast stöðugt hitaskiptalag í hafinu umhverfis landið. Áberandi er hve hratt gróður vex þegar aðstæður eru hagstæðar og að blómi varir ekki lengi þar sem sjór er lagskiptur og lár styrkur næringarefna takmarkar áframhaldandi vöxt. Dýrasvif, sem þrífst á svifgróðrinum, þarf því í mörgum tilfellum að vera á réttum stað og tíma til að geta nýtt sér fæðuframboðið. Af þessu má vera ljóst að mikilvægt er að geta aflað viðeigandi upplýsinga um framvindu gróðurs t.d. til rannsókna á breytilegri afkomu dýra sem eru beint eða óbeint háð sveiflum á magni gróðursins.

LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

Árleg framvinda svifgróðurs á undangengnum áratugum, séð frá gervitunglum

Mælingar á magni blaðgrænu við yfirborð sjávar frá gervitunglum gera okkur kleift að fylgjast með árlegri framvindu gróðurs í sjó. Aðferðin, að skrá endurvarp ljóss frá yfirborði sjávar með fjarnemum um borð í gervitunglum, og úrvinnsla mælinganna hefur fleygt fram á liðnum áratugum. Góður aðgangur er að samfelldum skráningum frá undangengnum tveimur áratugum (frá september 1997) og til að tryggja það að niðurstöður mælinga á magni blaðgrænu frá bæði NASA og ESA séu sambærilegar hafa niðurstöðurnar verið samhæfðar (GlobColour Project, 2010).

Augljós kostur þessara mælinga frá gervitunglum felst í tíðni og umfangi skráninga á magni blaðgrænu. Öll heimsins höf eru skönnuð nánast daglega er gervitungl fer frá suðri til norðurs á sporbraut yfir pólanu. Snúningur jarðar hliðrar næstu braut hæfilega til vesturs svo samhliða belti eru skönnuð í hverri hringferð gervitunglsins, um hádegisbil á hverjum stað. Talsverð óvissa er í niðurstöðum gervitunglamælinga á magni blaðgrænu og skráðar niðurstöður mælinga miðast við yfirborðsreiti sem er frá einum og upp í tugi ferkílómetra að stærð og hafa fyrirfram ákveðnar staðsetningar. Loks er vert að geta þess að aðferðin mælir aðeins magn blaðgrænu í efstu metrum sjávar, meðan blaðgræna getur verið misdreifð yfir nokkra tugi metra niður í sjó. Það er til marks um kosti umræddra gagna að birtum greinum með niðurstöðum rannsókna sem taka mið af blaðgrænumælingum frá gervitunglum fjölgar ört. En eins og komið verður að hér í framhaldinu er ástæða til að gefa gaum að bæði kostum og göllum þessara mælinga og það á ekki síst við um okkar rannsóknasvæði.

Kvörðun gervitunglamælinga á blaðgrænu á íslenska hafsvæðinu

Það er til mikils að vinna að afla viðeigandi gagna um breytingar á blaðgrænumagnni í hafinu umhverfis Ísland, bæði til rannsókna á áhrifum breytinga í umhverfinu á gróðurfarið og ekki síður til að meta hugsanleg áhrif breytinga á framvindu gróðurs á næstu þrep fæðukeðjunnar. Til skamms tíma var illgerlegt að afla gagna til greininga á árlegri framvindu gróðurs, því mikil fyrirhöfn og hár kostnaður takmarkar sýnatökur frá skipum. Fjarmælingar frá gervitunglum á magni blaðgrænu við yfirborð sjávar gera okkur kleyft að skoða bæði lárétta dreifingu blaðgrænu í yfirborðslagi sjávar á völdum svæðum og meta framvinduna frá degi til dags, þegar best lætur. Framan af var rýnt í myndir sem sýndu dreifingu blaðgrænu og þær bornar saman við samtíma niðurstöður mælinga á sjósýnum. Síðar fylgdu rannsókir sem byggja á skráðum tölulegum niðurstöðum mælinga frá gervitunglum á blaðgrænumagnni umhverfis Ísland.

Mælingar SeaWiFS/NASA á blaðgrænumagnni voru fyrst notaðar til rannsókna á meðal framvindu gróðurs á ársgrundvelli í hafinu við Ísland (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2009), skv. mælingum 1998 – 2005. Síðan fylgdu reikningar á dagsframleiðslu svifgróðurs, miðað við niðurstöður mælinga frá SeaWiFS á magni blaðgrænu, og árleg frumframleiðsla heilduð

samkvæmt því fyrir hvern reit innan rannsóknasvæðisins (Li Zhai *et al.* 2012). Bestu kostir mælinga frá gervitunglum koma þó fyrst í ljós með úrvinnslu sem nýtir viðvarandi vöktun og reglubundna til margra ára. Því þarf að hafa í huga að fjarnema og gervitungl þarf að endurnýja eins og önnur tæki og við hverja endurnýjun er tæknin uppfærð og endurbætt og ekki sjálfgefið að niðurstöður mismunandi mælinga verði þá fullkomnlega sambærilegar. GlobColour Project (GCP) tekur á þessum vanda, samhæfir niðurstöður frá mismunandi fjarnemum og skeytir saman niðurstöðum mælinga í eitt samfellt gagnasafn. Samræmdar niðurstöður í gagnasafni GCP ná yfir tvo áratugi, eru öllum aðgengilegar og eru mikið notaðar. Umrædd gögn voru notuð til að meta árlega framvindu gróðurs á völdum svæðum sunnan Íslands í rannsókn Teresa Silva *et al.* (2016) á breytilegu magni ljósáttu. Niðurstöður GCP voru sömuleiðis nýttar til að kanna breytilegt magn blaðgrænu í hafinu umhverfis Ísland, bæði með tilliti til tíma og rýmis, í grein Niall McGinty *et al.* (2016) sem auk þess lýsir aðferð til að brúa göt í fyrirliggjandi gagnasafni. Loks hafa niðurstöður GCP á magni blaðgrænu innan rannsóknasvæðisins verið metnar og bornar saman við tilsvareandi niðurstöður mælinga á blaðgrænu í sjósýnum úr efstu fimm metrum sjávar (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2016). Rannsóknin sýndi fram á að niðurstöður GCP á magni blaðgrænu innan rannsóknasvæðisins milli Austur Grænlands og Færeyja bera með sér kerfisbundna bjögun og að leiðrétt má þá bjögun, svo hún verði hverfandi lítil, með einföldu staðbundnu línulegu tölfræðilíkani. Spáð leiðrétting dregur fyrst og fremst úr ofmati á blaðgrænu meðan sól í hádegisstað er lágt á lofti. Leiðréttingin hefur því fyrst og fremst áhrif á okkar mat á því hvenær gróðurtímabil byrja og hvenær þeim lýkur.

Vitanlega þarf vissu um að gögnin endurspegli raunverulegar breytingar á magni gróðurs. Stöðugt bætast við nýjar skráningar í gagnasafnið og þær eldri eru uppfærðar endrum og eins í ljósi nýrrar þekkingar og þróunar í úrvinnslu mælinga á magn blaðgrænu. Það kallar svo á endurskoðun staðbundinna leiðréttinga. Það er ekkert endanlegt í þessum efnum. Til að búa í haginn fyrir væntanlegar endurskoðanir, þegar á þarf að halda, er áformað að útbúa aðgengilegt reiknirit (R-skriptu) sem hver og einn getur aðlagð að nýju gagnasetti og nýjum hugmyndum.

Vöktun sjávar frá gervitunglum

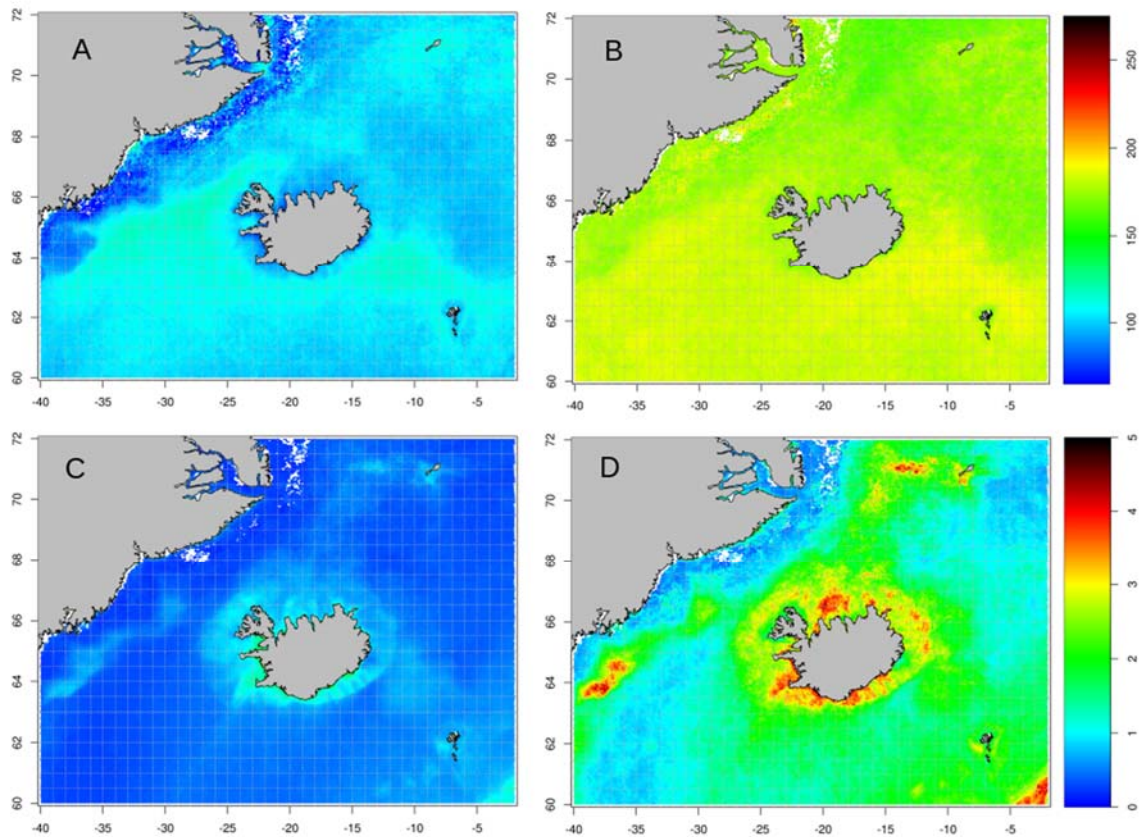
Mikilvægi skráninga á blaðgrænumagn frá gervitunglum verður seint fullmetið, en eins og áður hefur verið nefnt hentar gagnasafnið vel til að skoða framvindu gróðurs, bæði með tilliti til tíma og láréttar útbreiðslu. Það er áhugavert að rýna í gróðurframvindu, varpa ljósi á augljósan áramun í gróðurfari og freista þess að skýra hvað veldur þeim augljósa áramun sem gögnin sýna. Áformað er að nýta þessar upplýsingar um breytingar á magi blaðgrænu, og þar með vísbendingar um lífmassa svifþörunga, til að reikna breytingar á frumframleiðslu einstök ár. En niðurstöður mælinga á magni blaðgrænu, einar og sér, segja líka til um hve breytilegt fæðuframboðið er fyrir fyrstu þrep fæðukeðjunnar. Vöxtur svifþörunga er áhugaverður fyrir rannsóknir á afkomu sjávardýra almennt því lífríki sjávar er að mestu leyti háð frumframleiðslu svifþörunga, beint eða óbeint.

Hvað má ráða af fyrirliggjandi niðurstöðum

Niðurstöður GCP um magn blaðgrænu í yfirborði sjávar, það er að segja meðaltöl átta daga tímabila frá 1998 til 2016, skipt niður á 4,6 km x 4,6 km mælireiti með fastsettum staðsetningum, voru leiðréttar með fyrrgreindu líkani (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2016) fyrir rannsóknasvæðið (58° – 72° N og 0° – 40° V). Upplýsingar um framvindu gróðurs hin einstöku ár voru síðan fundnar með reikniriti (R-skriptu). Hér er sýnt á kortum (3. mynd) annars vegar dreifing meðaltala á upphafi (A) og enda (B) gróðurtímabila (dagnúmer; upphaf u.þ.b. 110 – 140 ~ þriðju viku í apríl – þriðju viku í maí og endir 200 – 250 = þriðja vika í júlí – fyrstu viku í setptember) og hins vegar hver er dreifing árlegra miðgilda (C) og hámarka á mældri blaðgrænu (D), að jafnaði fyrir árin 1998 – 2016.

Meðaltalsaðstæður

Eins og vænta mátti sjást fyrstu merki um gróðuraukningu meðfram strönd landsins (3. mynd, A) og samkvæmt litaskalanum hefst gróðurtímabilið þar síðla í mars. Víðast hvar annars staðar á rannsóknasvæðinu hefst gróðurtímabilið nokkru síðar, aðallega í apríl og fram í maí. Sjá má að norður og austur af landinu hefst gróðurtímabilið fyrr á árinu en sunnan og vestan landsins. Samkvæmt niðurstöðunum hefst gróðuraukning almennt snemma yfir landgrunninu austur af Grænlandi, en ekki er hægt að líta fram hjá því að viðvarandi útbreiðsla rekíss í Austur Grænlandsstraumi getur skekkt þá niðurstöðu. Ef síðast nefnda svæði er undanskilið er áberandi að restin af rannsóknasvæðinu skiptist gróft á litið í tvö horn, bæði hvað varðar upphaf og lok gróðurtímabila (X+2. mynd, A og B). Tvískiptingin endurspeglar annars vegar útbreiðslu Atlantsjávar og hins vegar útbreiðslu svalsjávar í Íslandshafi og austur í Noregshaf. Skilin milli pólsjávar í Austur Grænlandsstraumnum og Atlantssjávar sem dreifist til norðurs og vesturs í Grænlandssundi eru sérlega skörp.



3. mynd. Dreifing reiknaðra meðaltala á dagsetningum (númer dags á ári) fyrir upphaf (A) og lok (B) gróðurtímabila árin 1998 – 2016 og tilsvareandi dreifing reiknaðra meðalgilda (C) og hámarksgilda (D) fyrir mælt magn blaðgrænu (mg m^{-3}). Upphaf- og lok hvers gróðurtímabils miðast við tíma árs þegar skráð magn blaðgrænu fer annars vegar fram úr og hins vegar niður fyrir viðmiðið 1.05 sinnum reiknað miðgildi fyrir viðkomandi ár og reit.

Figure 3. Distribution of mean day number for initiation (A) and end (B) of growth seasons, analyzed on annual basis for the years 1998 – 2016, the mean value for measured mg chl-a m^{-3} (C) and the peaks of measured surface chlorophyll a for the same years. The initiation and end of each growth season is defined by the time of the year when measured surfalced chlorophyll rise above and falls below 1.05 times the calculated median for the season and location, respectively.

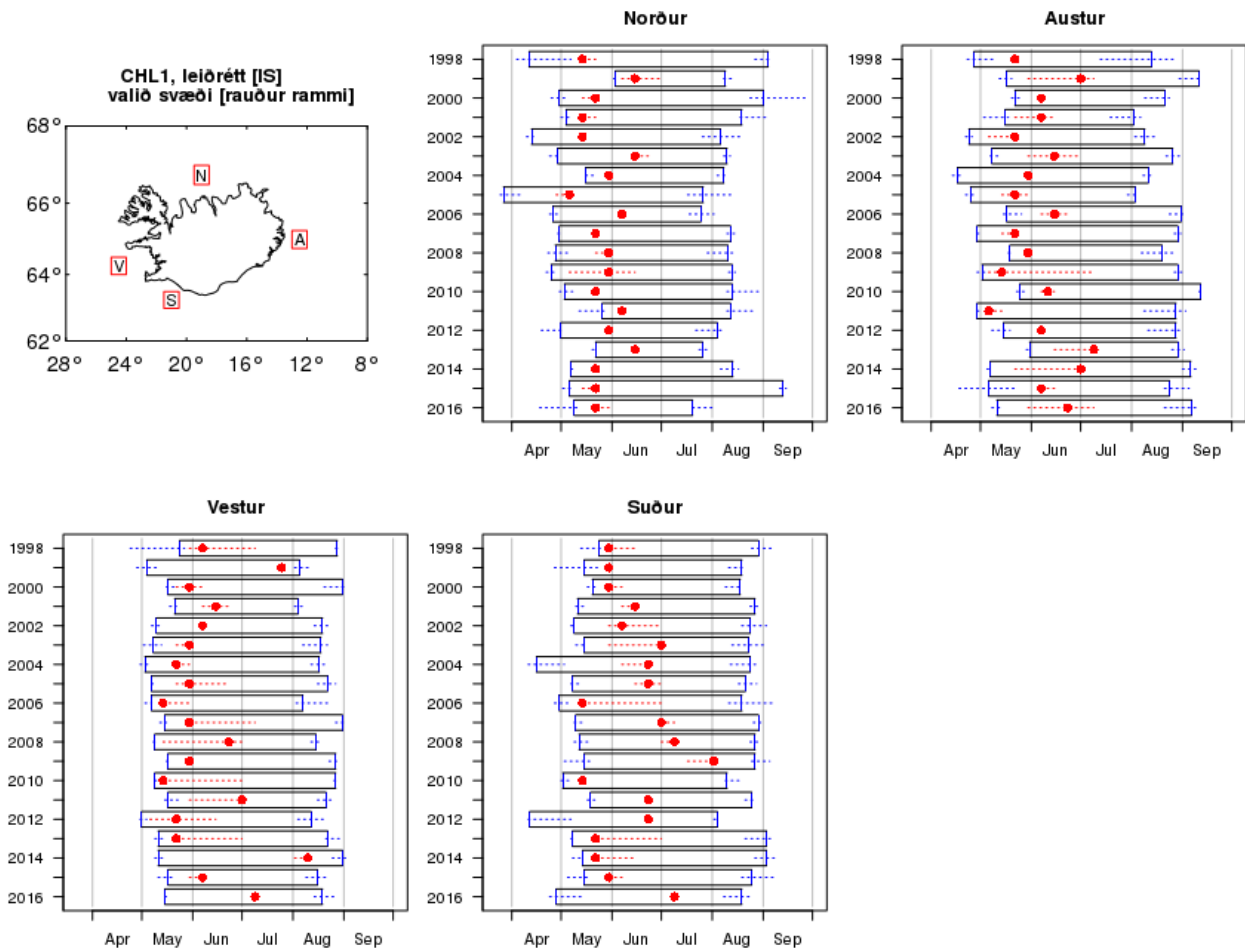
Dreifing reiknaðra meðalgilda fyrir annars vegar mælt magn a-blaðgrænu (3. mynd, C) og hins vegar mesta magn mældrar blaðgrænu á ársgrundvelli (3. mynd, D) undirstrikar fyrst og fremst að gróðursæld er víðast hvar meiri yfir en utan landgrunna og að frjósemi jaðarsvæða ríkjandi hafstrauma er umtalsverð.

Það eykur trúverðugleika umræddra mælinga á yfirborðsblaðgrænu að sjá umtalsverða samsvörun í þessum niðurstöðum og því sem áður hefur verið birt (sbr. Þórunn Þórðardóttir 1986, 1994, Kristinn Guðmundsson *et al.* 2009). Jafnframt má álytka að margt er líkt í framvindu gróðurs fyrir og eftir síðastliðin aldarmót, sem er athygli vert í ljósi þeirra umhverfisbreytinga sem hafa átt sér stað (sbr. umfjöllun um sjómælingar framfar í þessu hefti).

Gróðurtímabil og vorhámark

Ef nánar er rýnt í gróðurfarið á ársgrundvelli og niðurstöður mismunandi svæða bornar saman má vænta meira nýnæmis. Framvinda svifgróðurs, samkvæmt gögnum GCP og leiðréttingum eins og greint var frá hér framfar, var metin fyrir árin 1998 – 2016. Hér eru sýndar niðurstöður

frá fjórum völdum stöðum yfir landgrunni Íslands (4. mynd); þ.e.a.s. fyrir norðan (N), austan (A), sunnan (S) og vestan (V). Staðsetningar reitanna, sem hver um sig er hálf breiddargráða og ein lengdargráða að stærð, sjást á korti með myndinni. Sýnt er hvenær árs gróðurtímabil hefjast og hvenær þeim lýkur að jafnaði innan hvers reits og sömuleiðis hvenær mesta magn blaðgrænu mældist. Dreifðin í niðurstöðum innan viðmiðunarreitna sést af samlitum puntalínunum sem samsvara reiknuðum staðalfrávikum fyrir mælireitina.



4. mynd. Upphaf og endi gróðurtímabila (blá strík) árin 1998 – 2016, á fjórum völdum svæðum yfir landgrunninu (sjá kort), og tími árs er mesta magn blaðgrænu mældist á viðkomandi gróðurtímabili (rauður punktur). Punktalínur í viðeigandi litum sýna dreifingu á niðurstöðum einstakra mælireita (pixla), innan hvers svæðis og árs.

Figure 4. Inition, duration and end of growth seasons (i.e. the time of the year when recorded satellite chlorophyll is 1.05 times the calculated median of that, during the year and location/pixel), shown for the four selected subareas (cf. the included map). The squares (blue) mark the averaged estimates of annual growth seasons, calculated for the results of analyses for each pixel belonging to the respective subareas, while the dot (red) show the time of seasonal peak in chlorophyll. Dotted lines (same colours) represent the respective estimates of standard errors.

Niðurstöðurnar (4. mynd) sýna að breytileiki á lengd gróðurtímabila, sem og á dagsetningum fyrir upphafs- og lokadaga þeirra, er mestur fyrir svæðið norður af Siglunesi, heldur minni fyrir svæðið austur af Krossanesi og minnstur fyrir svæðin suður og vestur af landinu. Þetta á ekki að koma á óvart því áður birtar niðurstöður undirstrika mikinn áramun á gróðurtímabilum norðan landsins (Þórunn Þórðardóttir 1977, 1984, 1994). Kristinn Guðmundsson (1998) sýndi

fram á að vorhámark gróðurs verður að jafnaði fyrr á árinu þegar selta í yfirborðslagi sjávar norður af landinu er lægri en $< 34,5$, en ella. Mismunur á framvindu gróðurs að vori fyrir norðan Ísland er rakinn til bráðnunar rekíss og áramunar á útbreiðslu sval- og pólsjávar annars vegar og hins vegar innstreymis Atlantssjávar norður um Kögur og austur með Norðulandi. Marktæk jákvæð fylgni ($R^2: 0,35$) er milli upphafa gróðurtímabila (dagur ársins) norðan Sigluness (N) og frávika frá langtíma meðaltali í niðurstöðum seltumælinga á 3. stöð á Siglunessniði síðla í maí á sömu stöð og árstíma (https://www.hafogvatn.is/static/research/files/hafogvatn2016-001_lokapdf). Lág selta utan strandstraumsins er vísbending um svalsjó og myndun lagskiptingar snemma vors, sem er forsenda gróðuraukningar, öfugt við fullsaltan Atlantsjó nær að streyma inn á svæðið sum ár.

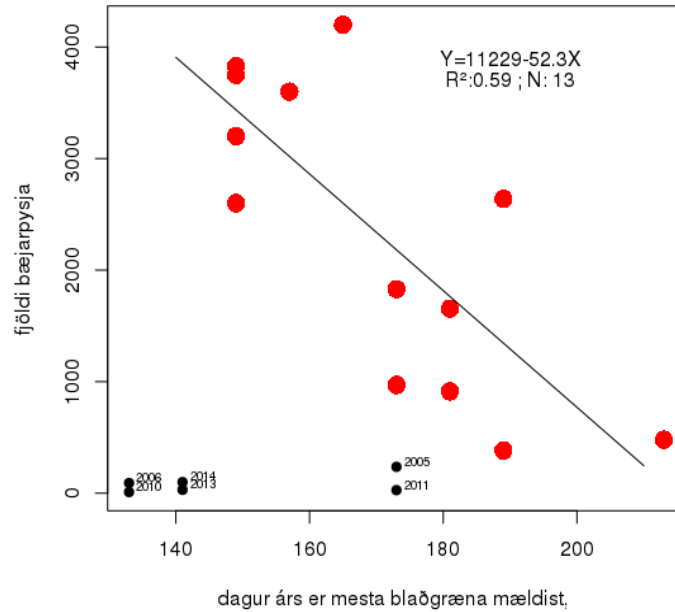
Öfugt við breytileika á gróðurtímabilum á framangreindum fjórum stöðum yfir landgrunninu, er tímasetning árlegs hámarks á mældri blaðgrænu umtalsvert breytilegri sunnan og vestan landsins en á við fyrir norðan. Ekki er augljóst hverju þetta sætir, en áhrif lóðréttrar blöndunar í kjölfar vinda á dýptardreifingu gróðurs er afgerandi (Þórunn Þórðardóttir 1986) og yfir gróðurtímabil svifþörungum er vindasemi mun meiri fyrir sunnan landið en norðan.

Í samanburði við fyrri ár skera niðurstöður fyrir árið 2016 sig helst úr fyrir það að gróðurtímabilið var stutt norður af Siglunessniði og hámark mældrar blaðgrænu var að venju fremur seint suður af landinu.

Hvorugt er fordæmalaust, en ekki vitað hvað veldur frávikum eins og þessum. Forvitnilegt er að skoða nánar hugsanleg áhrif veðurfars og umhverfisaðstæðna í sjó á framvindu gróðurs, en það verður að bíða betri tíma.

Hámark gróðurs og áhrif á vistkerfi

Fylgni milli dagsetninga gróðurhámarka vestur af Vestmannaeyjum (5. mynd, S) og varpárangurs lunda sama ár var skoðuð, því eftirtektarverð samfella er í niðurstöðum þessarra þátta frá síðustu aldarmótum og svifgróður er óumdeilanlega undirstaða fæðukeðju í sjó. Árlegu hámarki á mældri blaðgrænu seinkaði á sama tíma (2004 - 2005) og dróg úr fjölda veiddra lunda í Vestmannaeyjunum og neikvæðrar fylgni gætir í framhaldi af því þar til veiðar lögðust af fimm árum síðar (Erpur S. Hansen 2015). Samhliða minnkandi veiði fækkaði „bæjarpysjum“, eins og sjá má af árlegum mælingum Náttúrustofu Vestmannaeyja (<http://saeheimar.is/is/page/pysjueftirlit>) frá árinu 2003.



5. mynd. Fjöldi bæjarpysja 1998-2016 (sjá texta) og tími árs (númer dags) er mesta magn blaðgrænu mældist vestan við Vestmannaeyjar. Aðhvarfsgreining beinnar línu á 13 (rauðir punktar) af 19 gagnapörum sýnir sterka neikvæða fylgni, en niðurstöður sex ára (svartir punktar) eru undanskildar og léleg nýliðun þau ár talinn vera af allt öðrum toga.

Figure 5. Number of puffin chicks attracted by the citylight, collected and counted each year, 1998-2016, plotted against the time of the respective year when the measured satellite chlorophyll is at its peak. The distribution of data pairs, and the calculated regression line through 13 of 19 pairs (red) is shown, as well as the six pairs skipped. Skipping the outliers is explained, referring to known occasional incidents that have caused failure in recreation, e.g. flooding of nests due to extreme rain (Kristján Lilliandahl et al. 2013).

Tvö fyrstu árin voru tæplega þúsund bæjarpysjur taldar og mældar sitthvort árið, árið 2005 voru taldar pysjur 236 og árið eftir voru þær aðeins 91. Áætlað hefur verið að fyrir hrunið í lundastofninum 2004 - 2005 hafi fjöldi bæjarpysja í góðum árum verið um fjögur þúsund, en breytilegur frá ári til árs í takt við varpárangur og stofnstærð (Kristján Lilliandahl et al. 2013). Ef áætluður fjöldi bæjarpysja árin 1998 – 2003 (Kristján Lilliandahl et al. 2013) er skeytt framan við árlegar niðurstöður mælinga Náttúrustofu Vestmannaeyja má bera saman fjölda bæjarpysja og tímasetningar fyrir árlegt hámark á magni blaðgrænu vestur af eyjunum (5. mynd, S). Bent hefur verið á að nýliðun pysja hefur nánast misfarist alfarið af tilgreindum orsökum einstök ár (Kristján Lilliandahl et al. 2013). Þetta á við 2005, 2006, 2010 og 2011 og ef niðurstöður nefndra ára og árin 2013 og 2014, sem skera sig úr á svipaðan hátt á 5. mynd, eru undanskildar reiknast sterk neikvæð línuleg fylgni milli fjölda bæjarpysja og tíma vorhámarks viðkomandi ára.

Ekki er ljóst hvað veldur þeirri neikvæðu fylgni sem sýnd er á 5. mynd, en hugsanlega dregur síðbúinn vorblómi úr framboði fæðu fyrir nýklaktar rauðátulirfur og það gæti, koll af kalli, leitt til lítils framboðs á rauðátu fyrir sandsílislirfur og loks skorts á hentugu fæði fyrir nýklakta lundaunga. En klárlega geta margar mismunandi skýringar átt við takmarkanir á árangri varps og ekki hægt að líta fram hjá því að einhver óþekkt en samfallandi ástæða valdi bæði seinkun á vorhámarki og versnandi afkomu lunda. Haft er á orði að miklar og viðvarandi rigningar geti

orsakað bleytu og vosbúð í lundaholum og til marks um það er bent á að sum ár er mikið um útburð á pysjuhræjum. Önnur ár er sagt að fugl hafi horfið í stórum stíl frá bjargi án þess að verpa. Hverju sem sætir er það sláandi hve oft það fer saman að varp misfórst gersamlega og vorhámark svifgróðurs vestur af eyjunum átti sér stað mjög snemma ársins. snemma. Það má því segja að „skammt er á milli lífs og dauða“ og stóra spurningin er: *Hvað skilur á milli?*

Heimildir

Erpur S. Hansen. (2015). *Lundarannsóknir 2014. Vöktun viðkomu, fæðu, líftala og könnun vetrarstöðva. Lokaskýrsla til umhverfissráðherra*. Náttúrustofa Suðurlands: Vestmannaeyjar.

https://www.nattsud.is/skrar/file/170915_puffin_report_2014.pdf

GlobColour Project. (2010). *GlobColour User Guide*, version 1.4, GC-UM-ACR-PUG-01.

ftp://ftp.hafro.is/pub/phyto/Manuals/GlobCOLOUR_PUG_v1_4.pdf

Kristinn Guðmundsson, Kristín Ágústsdóttir, Niall McGinty, Árni Magnússon, Hafsteinn Guðfinnsson og Guðrún Marteinsdóttir. (2016). A regional correction model for satellite surface chlorophyll concentrations, based on measurements from sea water samples collected around Iceland. *Methods in Oceanography* 17:83-96.

Kristinn Guðmundsson, Mike R. Heath, Elizabeth D. Clarke. (2009). Average seasonal changes in chlorophyll a in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 2133 – 2140.

Kristinn Guðmundsson. (1998). Long-term variations in phytoplankton productivity during spring in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 55:635-643.

Kristján Lillindahl, Erpur S. Hansen, Valur Bogason, Marinó Sigursteinsson, Margrét L. Magnúsdóttir, Páll M. Jónsson, Hálfán H. Helgason, Gísli J. Óskarsson, Pálmi F. Óskarsson, Óskar J. Sigurðsson. (2013). *Viðkomubrestur lunda og sandsílis við Vestmannaeyjar*. Náttúrfræðingurinn, 83 (1–2), bls. 65–79.

Li Zhai, Kristinn Guðmundsson, Peter Miller, Wenjun Peng, Hafsteinn Guðfinnsson, Høgni Debes, Hjalmar Hátún, George N. White III, Rafael Hernández Walls, Shubha Sathyendranath, Trevor Platt. (2012). Phytoplankton phenology and production around Iceland and Faroes. *Continental Shelf Research*, 37:15 - 25, doi:10.1016/j.csr.2012.01.013

Niall McGinty, Kristinn Guðmundsson, Kristín Ágústsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir. (2016). Environmental and climatic effects of chlorophyll-a variability around Iceland using reconstructed satellite data fields. *Journal of Marine Science*, 163:31-42; doi:10.1016/j.jmarsys.2016.06.005

Teresa Silva, Astthor Gislason, Priscilla Licandro, Guðrún Marteinsdóttir, Ana Sofia A. Ferreira, Kristinn Guðmundsson, Olafur S. Astthorsson. (2014). Long-term changes of euphausiids in shelf and oceanic habitats southwest, south and southeast of Iceland. *Journal of Plankton Research* 2014: 1-17; doi:10.1093/plankt/fbu050

Þórunn Þórðardóttir. (1994). *Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland*. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.) Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Vísindafélag Íslendinga. Ráðstefnurit 4: 65-88.

Þórunn Þórðardóttir. (1986). Timing and duration of spring blooming south and southwest of Iceland. Í: Skreslet, S. (ritstj.): The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems. *NATO Advanced Study Institute, Series, Vol. 7*: 345-360.

Þórunn Þórðardóttir. (1984). Primary production north of Iceland in relation to water masses in May-June 1970-1980. *ICES C.M.* 1984/L:20, 17 s.

Þórunn Þórðardóttir. (1977). *Primary production in North Icelandic waters in relation to recent climatic changes*. Í M.J. Dunbar (ed). Polar Oceans. Proceedings of the Polar Oceans Conference ; Montreal 1974. Arctic Institute of North America, 655-665.

DÝRASVIF / ZOOPLANKTON

Ástþór Gíslason

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016

Útbreiðsla í maí

Magn og útbreiðsla átu var könnuð í vorleiðangri (19. maí -1. júní). Rannsóknirnar eru liður í umhverfisvöktun Íslandsmiða og stefna auk þess að því að auka skilning okkar á tengslum umhverfisþátta og svifs við vöxt og viðgang fiskistofnanna við landið.

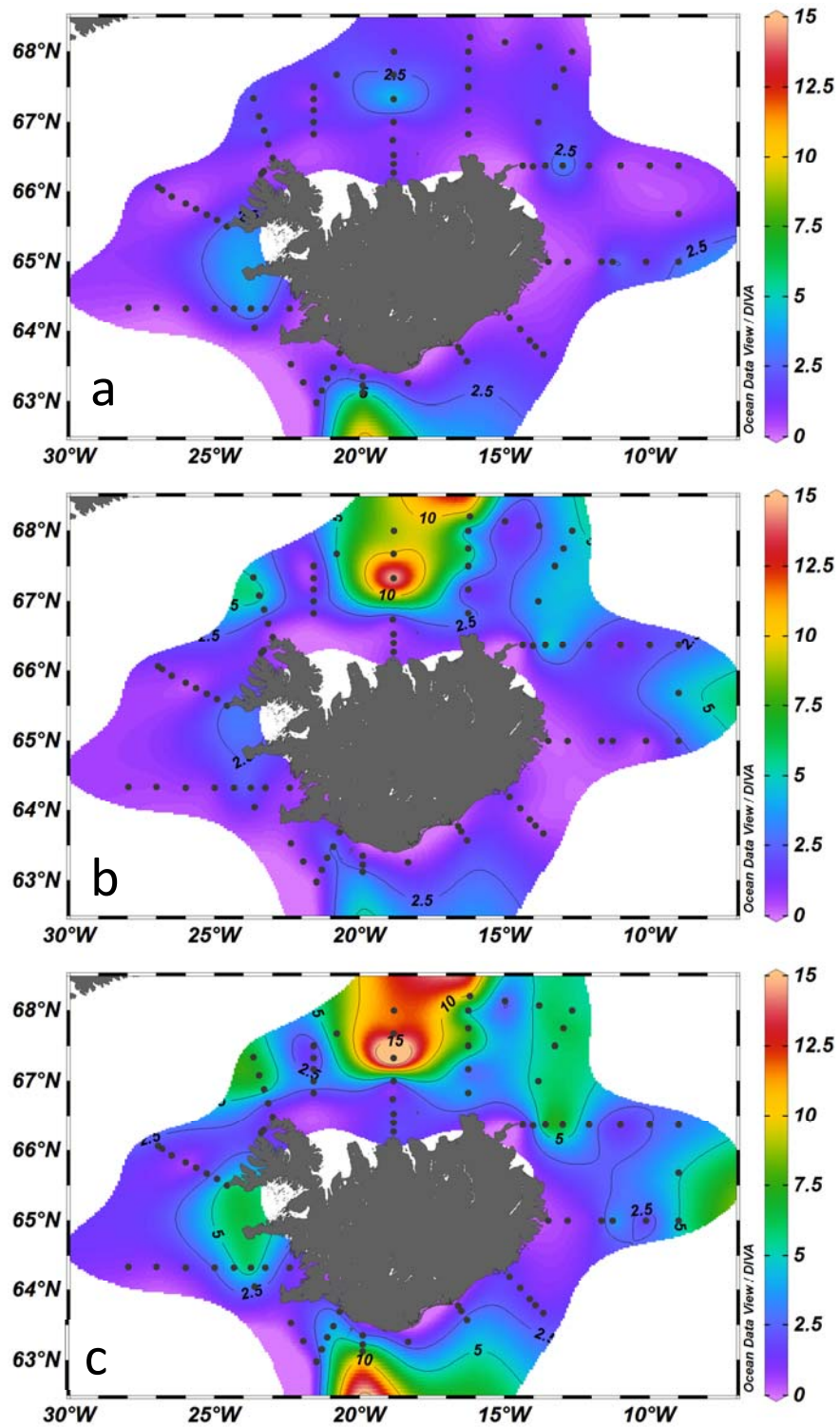
Í leiðangrinum var átusýnum safnað úr yfirborðslögum (0-50 m) með fínriðnum háfum (WP2, 200µ) og sýnin stærðarflokkuð um borð með 1 mm sigtum. Það sem fer í gegnum sigtin eru einkum smávaxnari svifdýr, eins og smákrabbaflær, ungstig rauðátu, hrúðurkarlalirfur og sjávarflær, en það sem verður eftir aðallega 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. Að auki var magn og útbreiðsla ljósátu mæld með bergmálsaðferð, en m.a. vegna þess hversu auðveldlega ljósáta nær að forðast háfa 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. Til að túlka bergmálgögnin var ljósátuvarpa dregin á stöðum þar sem mikið lóðaði.

Átumagnið í yfirborðslögum var mest djúpt undan Suður- og Norðurlandi (1. mynd). Smávaxnara svifið var algengast fyrir sunnan og vestan landið en stærri tegundir fyrir norðan. Rauðáta (*Calanus finmarchicus*) var algeng í flestum sýnum, nema djúpt undan Norðurlandi þar sem hánorrænar tegundir (póláta (*C. hyperboreus* og *Metridia longa*)) voru áberandi.

Þegar á heildina er litið var átumagn í yfirborðslögum við landið í vorleiðangri 2016 nálægt langtímameðaltali. Á Suður-, Vestur- og Austurmiðum var átumagn undir meðallagi en yfir meðallagi fyrir norðan. Sérstaklega var magnið mikið á ystu tveimur stöðvunum á Siglunessniði. Séu niðurstöður um átu bornar saman við vorið 2015 kemur í ljós að átumagnið var álíka og þá fyrir austan en meira annars staðar við landið.

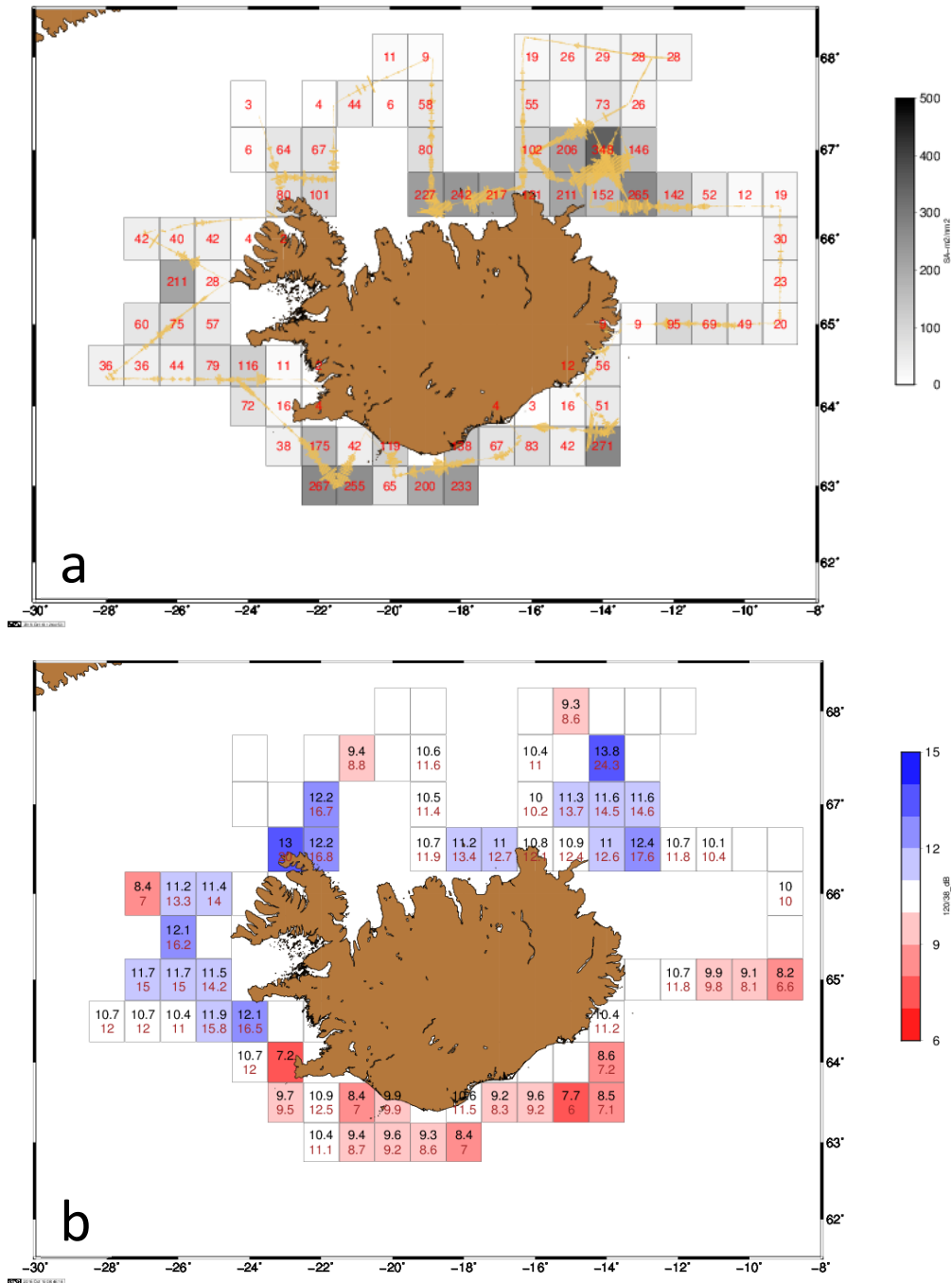
Á 2. mynd er sýnd útbreiðsla ljósátu í vorleiðangri árið 2016 eins og hún kom fram í bergmálmælingunum. Yfirleitt var þéttleiki ljósátu mestur í köntum og álum umhverfis allt land. Þannig var þéttleikinn mikill í Víkuráli fyrir vestan, Eyjafjarðaráli, Skjálfandadjúpi, Axarfjarðardjúpi, Langanesdjúpi og Bakkaflóadjúpi fyrir norðan og norðaustan, og Lónsdýpi, Háfadýpi og Grindavíkurdýpi fyrir sunnan. Á hefðbundinni fæðuslóð stórhvala í Grænlandshafi mældist lítið af ljósátu, sem er athyglisvert í ljósi lítillar hvalagengdar á svæðinu vorið 2016, öfugt við hefðbundið mynstur.

Með því að bera saman endurvarp á mismunandi tíðnum (38 og 120 kHz) má áætla stærðardreifingu ljósátu (2. mynd b). Ætla má að munur endurvarps sé því meiri eftir því sem dýrin eru smærri. Munur á endurvarpi ljósátunnar á 38 og 120 kHz reyndist yfirleitt meiri fyrir norðan land en sunnan (2. mynd b), sem bendir til að ljósátan sé almennt smærri fyrir norðan, enda kom yfirleittmeira af tiltölulega smávöxnum átutegundum í átuverpuna á þeim slóðum (augnsíli (*Thysanoessa inermis* og kríli *T. longicaudata*)) en fyrir sunnan (náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*)).



1. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) í hafinu við Ísland 19. maí – 1. júní 2016; smærri áta (fer í gegnum 1000μ síu, a), stærri áta (verður eftir á 1000μ síu, b) og heild (c).

Figure 1. 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).

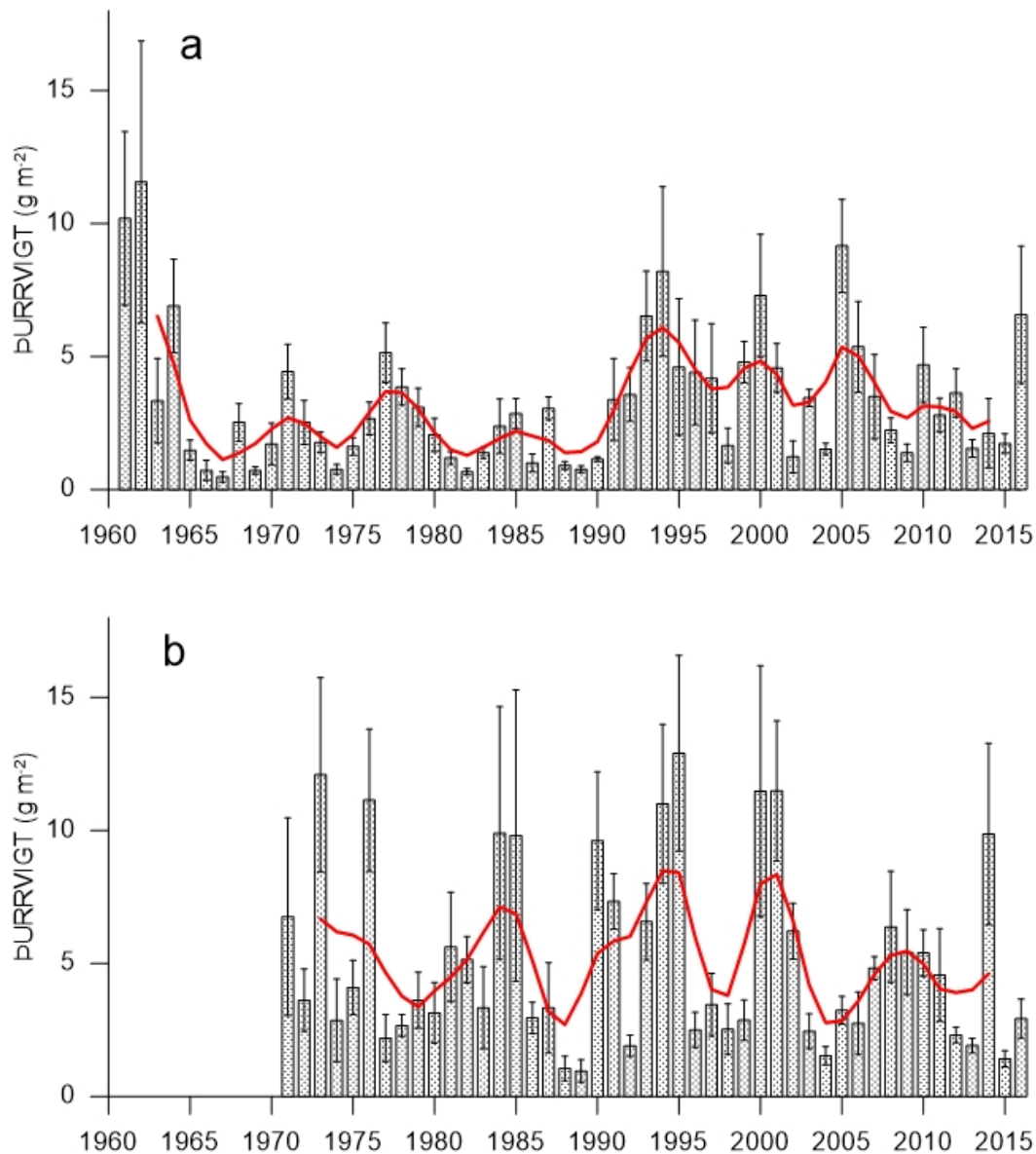


2. mynd. Útbreiðsla ljósátu 19. maí – 1. júní 2016 samkvæmt bergmálsmælingum (a), og munur 120 og 38 kHz endurvarps af ljósátu (b). Í (a) tákna tölurnar í reitunum meðalendurvarp ljósátu á 120 kHz innan þeirra og er meðalendurvarpið einnig sýnt með gráskala, því dekkri sem reitirnir eru því meiri er þéttleiki ljósátu. Leiðarlínur koma fram ljósgular og þverstrikin 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 desibelum. 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 2. Distribution according to backscattering scrutinized as euphausiids during 19. May – 1. June 2016 (a), and difference in 120 and 38 kHz backscattering from euphausiids (b). In (a) the numbers in the squares show mean backscattering values of euphausiids at 120 kHz, with the values also indicated by grey shading. In (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.

LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

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. Til að gögnin verði samanburðarhæf hefur þeim verið safnað á nokkurn veginn sama árstíma ár hvert (maí-júní) og með svipuðum aðferðum. Á vorin er átan í örum vexti og



3. mynd. Breytingar í átumagni (g þurrvig^t m⁻², 0-50 m) að vorlagi á Siglunessniði árin 1961-2016 (a) og Selvogsbankasniði árin 1971-2016 (b). Súlnurn sýna meðaltöl allra stöðva á sniðinu. Staðalskekki 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 í inngangi.

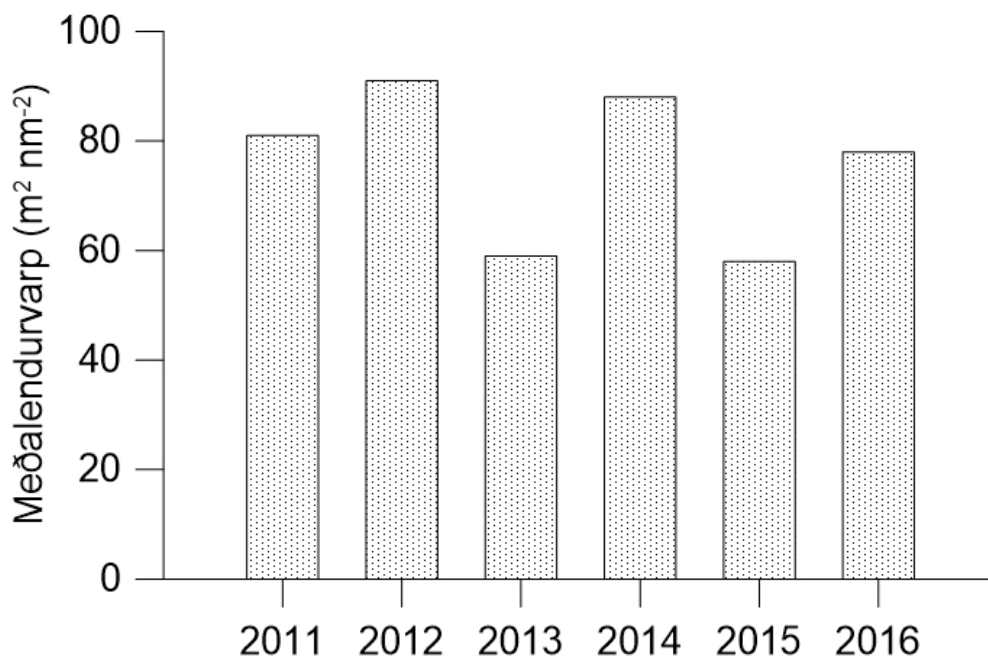
Figure 3. Variations in zooplankton biomass (g dry weight m⁻², 0-50 m) in spring at Siglunes section 1961-2016 (a), and Selvogsbanki section 1971-2016 (b). The columns show means for all stations at the respective sections and the vertical bars denote standard error. The curved red lines show 5 year running mean. For location of the sections see Figure 1 in Introduction.

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 3. 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 (3. mynd a). Vorið 2016 var átumagn á Siglunessniði talsvert yfir langtímameðaltali.

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 3. mynd b). Áta var síðast í hámarki á Selvogsbanka vorið 2014, en var svo undir langtímameðaltali vorin 2015 og 2016.

Ljósáta hefur verið mæld með bergmálsaðferð í vorleiðöngrum frá árinu 2011. Ljósátumagnið á Íslandsmiðum vorið 2016 var yfir meðaltali þeirra sex ára sem mælingar ná nú til (2011-2016, 4. mynd).



4. mynd. Langtímabreytingar ljósátu að vorlagi á íslenska hafsvæðinu fyrir árin 2011-2016. Myndin sýnir meðalendurvarp ($m^2 nm^{-2}$) allra reita (60 mínútur lengdar, 30 mínútur breiddar) á siglingaleið skips umhverfis landið (sbr. 2. mynd).

Figure 4. Variations in euphausiid abundance in the sea around Iceland in spring. The figure shows mean acoustic backscattering strength per nautical mile ($m^2 nm^{-2}$) of all squares (60 minutes longitude by 60 minutes latitude) along the cruise track around Iceland (cf. Figure 2).

DÝRASVIF Í AUSTURDJÚPI / ZOOPLANKTON IN THE NORWEGIAN SEA

Hildur Pétursdóttir

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016

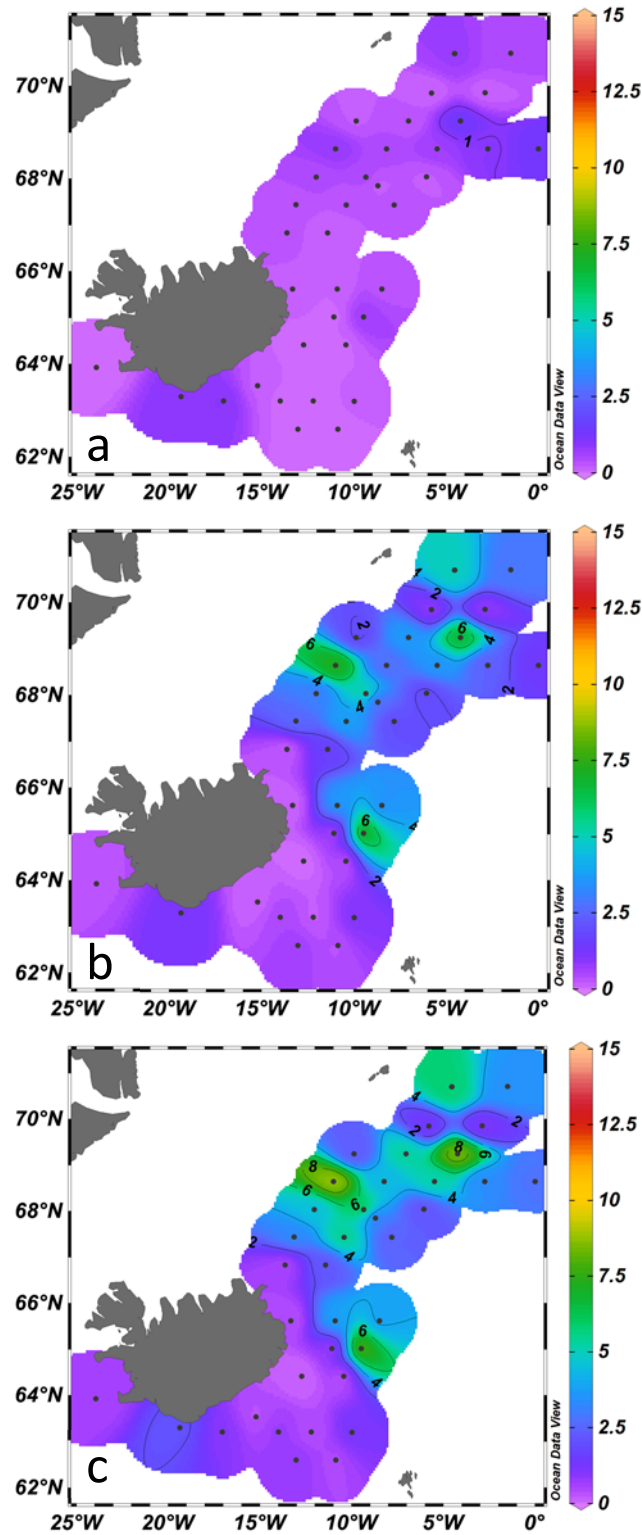
Útbreiðsla dýrasvifs í Austurdjúpi í maí og umhverfis Íslands að sumarlagi

Í maí 2016 var magn og útbreiðsla dýrasvifs könnuð suðaustur, austur og norðaustur af landinu með megin áherslu á svæðið djúpt norðaustur af landinu í svokölluðu Austurdjúpi, sem er mikilvægt fæðusvæði marga uppsjávarfiska en dýrasvif er ein aðalfæða uppsjávarfiska (1. mynd). Einnig voru teknar nokkrar stöðvar suður og suðvestur af landinu (1. mynd). Síðla sumars, í júlí, var þónokkuð stærra svæði kannað, allt í kringum landið sem og hluti Grænlandshafs og Austurdjúps (2. mynd), en þetta svæði hefur verið mikilvægt fæðusvæði uppsjávarfisksins makríls undanfarin ár. Þessar rannsóknir eru hluti af alþjóðlegu rannsóknaverkefni í norðaustur Atlantshafi. Markmið þessara rannsókna er m.a. að efla þekkingu á samspili umhverfisþátta og dýrasvifs við uppsjávarfiskistofnana við landið og í Noregshafi.

Dýrasvifssýnum var safnað bæði niður á 50 metra og 200 metra dýpi með WP2 háfum með 200 µm möskvastærð. Úr báðum dýpum eru sýni annars vegar varðveitt í formalíni og síðar notuð til tegundagreiningar og hins vegar fryst og þurrvigt mæld í landi til að fá mat á lífmassa dýrasvifsins. Sýnin sem átti að þurrka voru síuð og flokkuð um borð á sama hátt og lýst er hér að framan. Að auki var tegundasamsetning stórátu og annarra miðsjávarlífvera könnuð á nokkrum stöðvum austur af landinu. Svokölluð ljósátuvarpa var notuð og dregin frá 750 m dýpi til yfirborðs. Aflinn var síðan greindur í helstu tegundir/hópa.

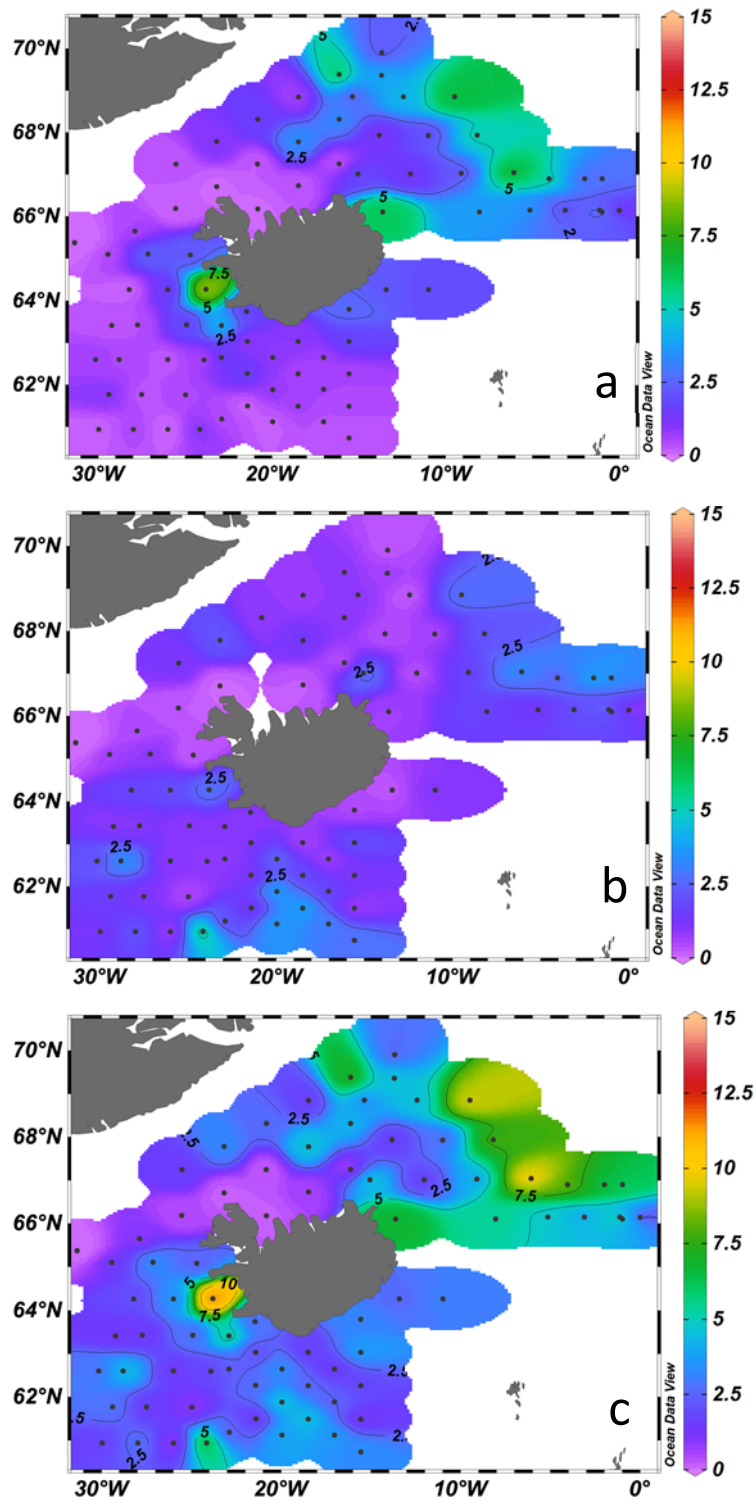
Í maí (3. – 23.) var mjög lítið af dýrasvifi fyrir sunnan og austan land (1. mynd) sem er í samræmi við niðurstöður á svæðinu úr vorleiðangri á svipuðum tíma (1. mynd í inngangi). Djúpt austur og norðaustur af landinu voru gildin hins vegar nokkuð hærri (1. mynd) og veldur aukinn fjöldi stærra kaldsjávar dýrasvifstegunda, eins og pólátu sem berst inn á væðið með Austur-Íslandsstraumnum, þeim mun. Almennt var þó rauðáta, systurtegund pólátunnar, algengust í öllum sýnum.

Í júlí (1.-31.) hefur magn dýrasvifs aukist á flestum stöðvum kringum landið fyrir utan yst á Selvogsbanka- og á Siglunesi þar sem magnið hefur minnkað töluvert (2. mynd). Gildin eru einnig töluvert hærri í Austurdjúpi. Í júlí er meira af stærra dýrasvifstegundum fyrir sunnan en í maí, sem bendir til að kynslóðin sem fæddist um vorið sé að verða fullvaxta. Aftur á móti eru hærri gildi af smærri dýrum djúpt suðaustur af landinu sem gæti þýtt að þar sé meira af ungvíði. Eins og í maí er rauðáta algengust á öllu svæðinu.



1. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum (g þurrvígt m^{-2} , 0-50 m) fyrir sunnan og austan landið og í Austurdjúpi 3.-23. maí 2016; smærri áta (fer í gegnum 1000μ síu, a), stærri áta (verður eftir á 1000μ síu, b) og heild (c).

Figure 1. Zooplankton distribution (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) south and east of Iceland during 3.-23. May 2016, divided into $<1000 \mu$ (a), $>1000 \mu$ (b) size classes and total (c).

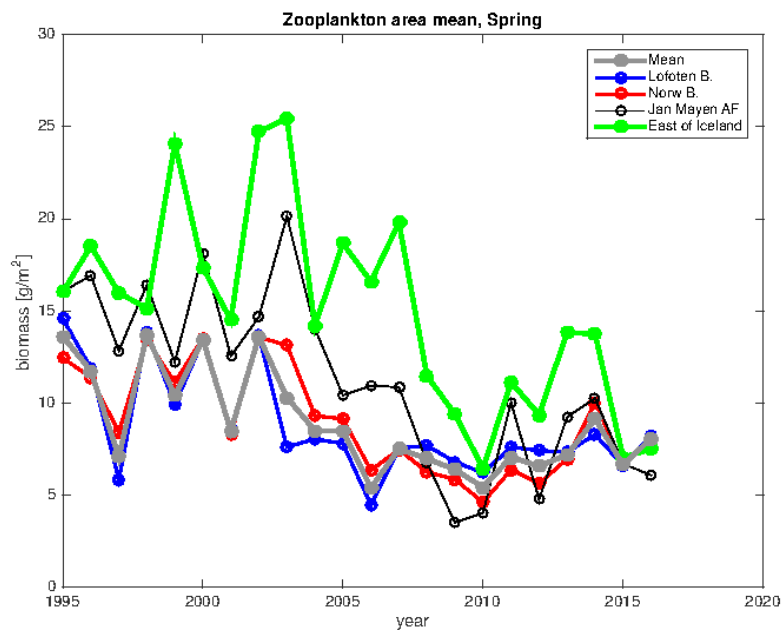


2. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum (g þurrvígt m⁻², 0-50 m) í hafinu við Ísland 1.-31. júlí 2016; smærri áta (fer í gegnum 1000 μ síu, a), stærri áta (verður eftir á 1000 μ síu, b) og heild (c).

Figure 2. Zooplankton distribution (g dry weight m⁻², 0-50 m) in the sea around Iceland during 1.-31. July 2016, divided into <1000 μ (a), >1000 μ (b) size classes and total (c).

LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

Árlegar athuganir á átu í Austurdjúpi og Noregshafi að vori til hafa farið fram frá og með árinu 1995 (22 ár, 3. mynd). Rannsóknasvæðinu var skipt í fjögur undirsvæði til einföldunar, þ.e. suður Noregshaf, svæði við Lofoten, svæði milli Jan Mayen og Íslands, og Austurdjúp (WGINOR 2015). Miklar sveiflur hafa verið á magni dýrasvifsins milli ára (3. mynd). Magn dýrasvifs (meðaltal) náði hámarki árið 2003 en fór síðan lækkandi til 2010 en upp úr því jókst magnið aftur og náði langtímameðaltali 2014. Lífmassinn minnkaði aftur 2015 en örlítið aukning var árið 2016.



3. mynd. Breytingar í átumagni (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) að vorlagi í Austurdjúpi og Noregshafi (4 svæði) árin 1995-2016. Tölurnar tákna meðaltöl innan hvers svæðis (ICES, 2015).

Figure 3. Variations in zooplankton biomass (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) East of Iceland and in Norwegian Sea (4 areas) the years 1995-2016. Mean dryweight within each area (ICES, 2015).

Árlegar sumarathuganir á átu umhverfis Ísland og í Austurdjúpi í tengslum við rannsóknir á makríl hafa farið fram frá og með árinu 2010 (sjö ár), mun styttri tími en rannsóknirnar að vorlagi. Almennt er minna magn dýrasvifs við Ísland í júlí 2016 borið saman við undanfarin ár (ICES, 2016).

Sýni úr ljósátuvörpunni voru mjög fjölbreytt. Algengustu hópar voru pílormar (chaetognatha), rækjur (natantia), ljósátur (euphausiacea) og sviflægar marflær (hyperiidæ).

Heimildir

ICES. (2015). *Report of the Working Group on the Integrated Assessments of the Norwegian Sea (WGINOR)*: 148.

ICES. (2016). *Working Document to ICES Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE)*, ICES HQ, Copenhagen, Denmark, 31 August – 6 September 2016.

VÖKTUN EITURÞÖRUNGA / TOXIC ALGAE MONITORING

Hafsteinn G. Guðfinnsson, Kristín J. Valsdóttir, Agnes Eydal, Karl Gunnarsson og Kristinn Guðmundsson

INNGANGUR / INTRODUCTION

Vöktun á eiturbörungum á Íslandi fór aðallega fram á fjórum svæðum á árinu 2016 og var með líku sniði og síðustu ár (1. mynd). Vöktunin tekur mið af þeim stöðum þar sem ræktun eða veiðar fara fram á kræklingi og öðrum skelfiski en einnig af svæðum þar sem almenningur týnir krækling í miklum mæli til matar. Af þeim fjórðum þar sem vöktun eiturbörunga hefur átt sér stað á undanförunum árum hefur aðeins í Hvalfirði farið fram á sama tíma, svo kunnugt sé, ræktun á kræklingi, veiðar á botnlægum kræklingi og tínsla á kræklingi í fjörum af almenningi.



1. mynd. Sýnatökustaðir vegna vöktunar eiturbörunga árið 2016. 1: Stakksfjörður, 2: Hvalfjörður, 3: Breiðafjörður-Kiðey, 4: Króksfjörður (Breiðafirði), 5: Steingrímsfjörður, 6: Mjóifjörður eystri.

Figure 1. Monitoring stations for toxic algae in 2016. 1: Stakksfjordur, 2: Hvalfjordur, 3: Breidafjordur-Kidey (in Breidafjordur), 5: Steingrimsfjordur, 6: Mjoifjordur.

Tafla 1. Heildarfjöldi vöktunarsýna sem unnin voru frá hverjum vöktunarstað árið 2016.

Table 1. Total number of phytoplankton samples worked out from each monitoring sampling place in 2016.

| | | |
|---------------------|--------------------------|---------|
| Stakksfjörður | september og desember | 2 sýni |
| Hvalfjörður | 5. janúar – 14. desember | 21 sýni |
| Breiðafjörður-Kiðey | 22. janúar – 6. desember | 24 sýni |
| Króksfjörður | 4. janúar – 30. nóvember | 24 sýni |
| Steingrímsfjörður | 4. janúar - 15. desember | 10 sýni |
| Mjóifjörður | 27. júní og 25. júlí | 2 sýni |
| Annað | sumar - haust | 3 sýni |
| Samtals | | 86 sýni |

Vöktun eiturbörunga er eins og áður samvinnuverkefni Matvælastofnunar, Hafrannsóknastofnunar og skelfiskræktenda. Heildarfjöldi sýna árið 2016 var aðeins meiri en undanfarin ár. Alls bárust 86 sýni á árinu 2016 samanborið við 78 sýni árið 2015, 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, 1. mynd).

Sýnasöfnun fór fram nær allt árið í Hvalfirði, við Kiðey í Breiðafirði og í Króksfirði (Tafla 1) og einnig bárust allmörg sýni úr Steingrímsfirði á árinu 2016, aðallega seinni hluta ársins. Í Stakksfirði var lítil starfsemi og bárust aðeins 2 sýni þaðan. Frá Mjóafirði eystri bárust 2 sýni sem tekin voru á sumri. Þrjú sýni bárust af öðrum svæðum sem geta þó ekki talist til beinnar vöktunar. Engin sýni bárust úr Þistilfirði en þaðan hafa stundum borist sýni síðustu ár vegna veiða á kúfiskel. Í Eyjafirði lagðist skelfiskræktun af fyrri hluta árs 2013 og hefur ekki byrjað aftur.

Sýnasöfnun fór fram um það bil einu sinni í viku frá maí til september hjá skelræktendum, en einu sinni í mánuði þess utan. Sérstakt rannsóknaverkefni var í gangi í Hvalfirði á árinu 2016. Samhliða svifþörungasýnum var þar safnað næringarefnasýnum, blaðgrænusýnum og kræklingasýnum til mælinga á eiturefnum í skelfiski. Þessi hluti verkefnisins var samvinnuverkefni Hafrannsóknastofnunar, Matís og Fjarðarskeljar ehf og Samtaka skelræktenda og var styrkt af AVS-rannsóknasjóði á árinu 2016. Í þessari skýrslu verður þó aðeins greint frá greiningum á svifþörungum og lítillga frá magni eiturs í skel fyrir árið 2016.

Sýnataka

Sýnum er safnað af kræklingaræktendum á hverjum ræktunarstað, veiðimönnum þar sem veiðar fara fram og Matvælastofnun þar sem tínsla kræklinga fer fram t.d. í Hvalfirði ef ekki eru starfandi kræklingaræktendur í þeim firði. Tekin eru tvö svifþörungasýni. Hið fyrra er háfsýni þar sem svifþörungur eru veiddir í lítinn háf með 20 µm möskvastærð frá yfirborði sjávar að 5 m dýpi. Seinna sýnið er tekið með 10 metra slöngu frá yfirborði sjávar að 10 metra dýpi ef botndýpi á sýnatökustað leyfir, annars eins langt niður og botndýpi leyfir. Neðri endi slöngunnar er þyngdur með lóði. Slangan er þrædd rólega ofan í sjóinn þannig að sjór flæði inni í hana eftir því sem dýpkar á neðri endanum. Þegar slangan er orðin full af sjó er settur tappi í efri enda hennar, hún dregin upp og sjórin losaður úr henni í fötu. Í fötunni er sjónum síðan blandað vel og úr honum tekið sýni í 100 ml brúna flösku. Í bæði háfsýni og sjósýni er sett 20% formalín til að varðveita svifþörungana til lengri tíma. Háfsýnið lýsir því sem veiðist af svifþörungum í efstu 5 metrum sjávarins og úrvinnsla úr þessu sýni gefur til kynna hvaða tegundir/samfélög svifþörunga finnast á svæðinu. Slöngusýnið er lýsandi fyrir þá svifþörunga sem eru til staðar í sjónum frá 0 til 10 metra dýpi og úrvinnsla úr þessu sýni gefur fjölda fruma (þéttleika) af hverri tegund í einum lítra af sjó.

Viðmiðunarmörk

Viðmiðunarmörk varðandi fjölda eiturbörunga í 1 lítra af sjó til að meta hættu á eitrun í skel voru þau sömu árið 2016 og á árinu 2015. Þau voru eftirfarandi:

- *Alexandrium* spp - 20 frumur í lítra vegna PSP eiturs
- *Dinophysis* spp - 500 frumur í lítra vegna DSP eiturs
- *Pseudo-nitzschia* spp - 200.000 frumur í lítra vegna ASP eiturs

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2016 / RESULTS FROM 2016

Niðurstöður greininga og talninga eiturbörunga voru settar jafnóðum inn á heimasíðu vöktunarinnar (www.hafro.is/voktun) og þar mátti fylgjast með því hvort eiturbörungar fundust á viðkomandi svæðum. Einnig voru þessar niðurstöður settar inn á heimasíðu Matvælastofnunar (www.mast.is) sem og mælingar á þörungaeitri í kræklingi ef slíkar niðurstöður lágu fyrir. Ef þéttleiki eiturbörunga fór yfir ofangreind viðmiðunarmörk eða ef styrkur eiturfna fór yfir leyfileg eiturmörk í kræklingi var varað við neyslu skelfisks á svæðinu (www.hafro.is/voktun/vidmid, www.mast.is).

Lokanir svæða

Allmikið var um lokanir svæða á árinu 2016 vegna hættu á skelfiskeitrun (Tafla 2). Í Hvalfirði var í fyrsta lagi varað við neyslu kræklinga í janúar og síðan samfelld á tímabilinu maí til desember vegna hættu á DSP eitrun í skel. Á þessu tímabili var frumfjöldi *Dinophysis* spp alltaf meiri en 1.000 frumur í lítra. Á sama tímabili var DSP eitrun í kræklingi langt yfir viðmiðunarmörkum um leyfilegt magn DSP í kræklingi sem ætlaður er til neyslu. Í öðru lagi var varað við hættu á PSP eitrun í skel frá miðjum maí til loka júlímánaðar vegna fjölda *Alexandrium* spp í sjó. Á sama tíma mældist PSP eitrun í kræklingi en magn þess var þó vel undir viðmiðunarmörkum um leyfilegt PSP magn í kræklingi. Þá var í þriðja lagi varað við hættu á ASP eitrun í skel í Hvalfirði frá 10. júlí til ágústloka vegna hás frumfjölda af *Pseudo-nitzschia* spp (Tafla 2). Niðurstöður mælinga eða skimunar á ASP eitri í skel frá þessu tímabili sýndu að ekkert ASP var til staðar í kræklingi.

Við Kiðey í Breiðafirði var lokað samfelld frá 5. júní til 23. júlí aðallega vegna hættu á DSP og PSP eitrun í skel en einnig vegna hættu á ASP eitrun í skel á seinni hluta tímabilsins.

Í Króksfirði var lokað 9 sinnum á tímabilinu frá 5. júní til 3. september eingöngu vegna hættu á PSP eitrun í skel. Að auki var lokað einu sinni í október af sömu ástæðu.

Í Steingrímsfirði var varað samfelld við neyslu skelfisks frá 17. júlí til ársloka vegna hættu á DSP og PSP eitri í skel. DSP eitrun í kræklingi mældist yfir viðmiðunarmörkum um leyfilegt magn DSP eiturs í kræklingi frá því á ágúst til loka desember.

Í Mjóafirði eystri var lokað einu sinni (júní) vegna hættu á PSP í skel.

Varað var 34 sinnum við hættu á DSP-eitrun í skelfiski vegna fjölda *Dinophysis* tegunda í svifinu. Vegna hættu á PSP-eitrun af völdum *Alexandrium* tegunda var varað við neyslu skelfisks 35 sinnum. Vegna hættu á ASP-eitrun af völdum *Pseudo-nitzschia* tegunda var varað við 9 sinnum, oftast í Hvalfirði.

Af ofangreindu sést að árið 2016 var mikið eiturbörunga ár og að lokanir voru mjög tíðar og langvinnar, einkum í Hvalfirði og Steingrímsfirði (Tafla 2).

Tafla 2. Lokanir svæða vegna hættu á skelfiskeitrun árið 2016.

Table 2. Closures of monitoring areas according to toxic algal cell counts during 2016.

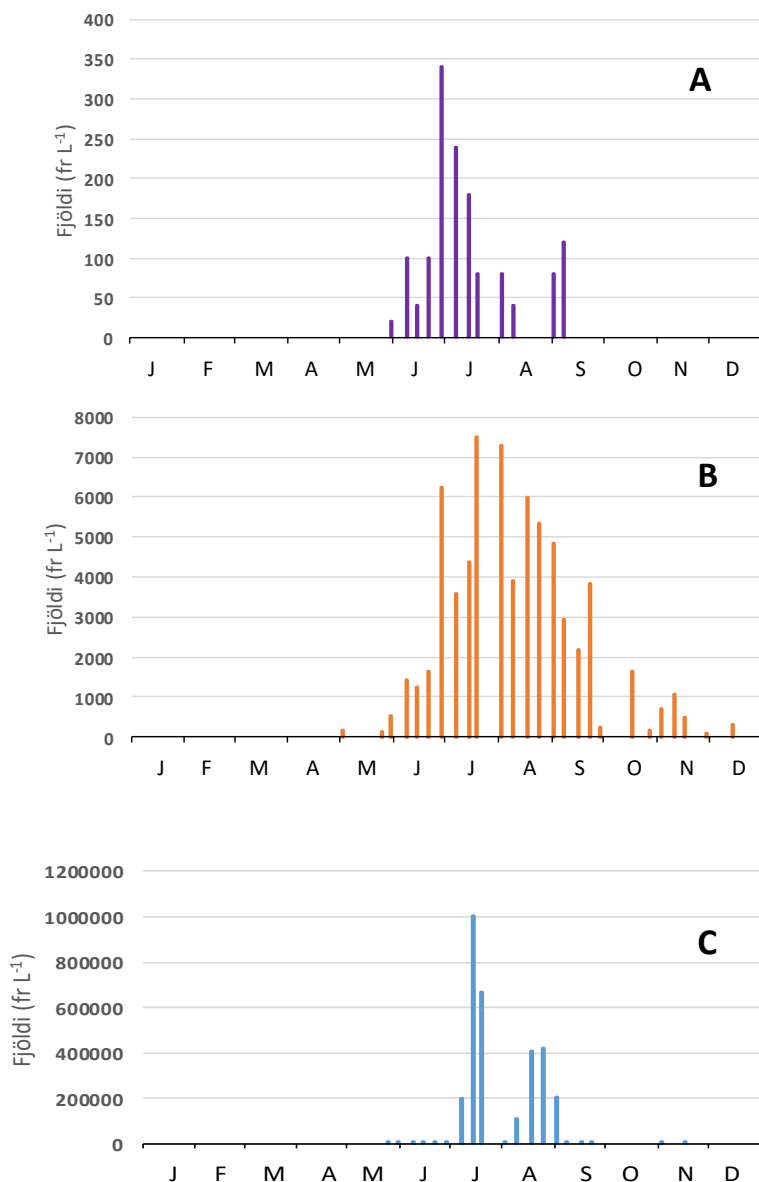
| 2016 | janúar | febrúar | mars | apríl | 1-7/5 | 8-14/5 | 15-21/5 | 22-28/5 | 29/5-4/6 | 5-11/6 | 12-18/6 | 19-25/6 | 26/6-2/7 | 3-9/7 | 10-16/7 | 17-23/7 | 24-30/7 | 31/7-6/8 | 7-13/8 | 14-20/8 | 21-27/8 | 28/8-3/9 | 4-10/9 | 11-17/9 | 18-24/9 | 25-30/9 | október | november | desember | |
|--------------------|--------|---------|------|-------|-------|--------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|-------|---------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|---|
| Hvalfjörður | D | | | | | DP | DP | DP | DP | DP | DP | DP | DP | DP | DPA | DPA | DPA | DP | D | DA | DA | DA | D | D | D | D | D | D | D | D |
| Breiðafj./Kiðey | | | | | | | | | P | P | DP | DP | DPA | DPA | DPA | | | | | | | | | P | | | | | | |
| Króksfjörður | | | | | | | | | P | P | P | | P | P | P | | P | P | P | P | P | P | | | | | P | | | |
| Steingrímsfjörður | | | | | | | | | | | | | | | DP | | | | DP | | DP | | | | | | DP | | | |
| Mjóifjörður eystri | | | | | | | | | | | | | P | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- Ekki talin hættu á skelfiskeitrun á svæðinu
- D Varað við hættu á DSP-eitrun í skelfiski (Diarrhetic Shellfish Poisoning)
- P Varað við hættu á PSP-eitrun í skelfiski (Paralytic Shellfish Poisoning)
- A Varað við hættu á ASP-eitrun í skelfiski (Amnesic Shellfish Poisoning)
- Sýnasöfnun ekki hafin/ lokið, eða sýni vantar.

Eiturþörungur í Hvalfirði

Árið 2016 var um margt mjög sérstakt í Hvalfirði hvað varðar eiturþörungur.

Alexandrium svifþörungur (PSP) fundust frá júní til mánaðarmóta ágúst/september og var fjöldi þeirra yfir viðmiðunarmörkum um hættu á PSP eitrun í skel allan þann tíma (2. mynd A). Fjöldi þeirra var þó aldrei mikill en fór mest í 340 fr L⁻¹ og var 100 fr L⁻¹ eða meira í alls 6 vikur. Mælingar á PSP eitri í kræklingi sýndu að PSP eitur jókst samhlíða fjölgun *Alexandrium* fruma í sjó. Styrkur PSP náði rúmlega 300 µg kg⁻¹ af skel á sama tíma og fjöldi *Alexandrium* fruma náði hámarki (2. mynd) (Elvar Árni Lund og félagar, 2017). Samhlíða fækkun *Alexandrium* fruma í sjó fór PSP eitur minnkandi í kræklingi og var horfið á svipuðum tíma og *Alexandrium* frumur voru ekki lengur sjáanlegar í svifinu þ.e. í september.



2. mynd. Breytingar á heildarfjölda eittraðra svifþörungna (fr L⁻¹) á 0-10m dýpi í Hvammsvík í Hvalfirði frá janúar til desember árið 2016. A) *Alexandrium* tegundir, B) *Dinophysis* tegundir og C) *Pseudo-nitzschia* tegundir.

Figure 2. Changes in abundances of toxic phytoplankton groups (c L⁻¹) (0-10 m) in Hvalfjörður from January to December in 2016. A) *Alexandrium* spp, B) *Dinophysis* spp, C) *Pseudo-nitzschia* spp.

Dinophysis svifþörungur fundust samfelld í Hvalfirði frá júní til desemberloka 2016 (2. mynd B) og var fjöldi þeirra yfir viðmiðunarmörkum um hættu á DSP eitrun í skel nær allan þann tíma. Fjöldi þeirra var mikill (>1.000 fr L⁻¹) langtímum saman eða frá júní til nóvember 2016 nánast samfleytt. Í 10 vikur var fjöldi þeirra að sumri meira en 3.000 fr L⁻¹ (2. mynd B).

Mælingar á DSP eitri í kræklingi sýndu að þegar frumufjöldi *Dinophysis* hafði náð 500 til 1.000 fr L⁻¹ í tvær vikur var magn DSP eiturs í skelfiski komið yfir viðmiðunarmörk um leyfilegt DSP eiturmagn í skelfiski (Elvar Árni Lund og félagar 2017). Mikil mergð *Dinophysis* fruma allt sumarið leiddi af sér há DSP gildi í kræklingi sem hæst urðu rúmlega 1.800 µg kg⁻¹ af kræklingi í ágúst en þá var frumfjöldi *Dinophysis* rúmlega 7.000 fr L⁻¹. Styrkur DSP eiturs í kræklingi hjaðnaði svo smám saman fram á vetur samfara fækkun *Dinophysis* fruma í sjó.

Pseudo-nitzschia tegundir fundust í tveimur vaxtartoppum annars vegar í júlí og hins vegar í ágúst 2016 (2. mynd C). Fjöldi þeirra náði 1.000.000 fr L⁻¹ í júlí en 400.000 fr L⁻¹ í ágúst. Alls var fjöldi *Pseudo-nitzschia* tegunda í fjórar vikur yfir viðmiðunarmörkum um hættu á ASP eitrun í skelfiski. Mælingar á eiturefnum í skelfiski gáfu ekki til kynna að ASP eitur væri til staðar í kræklingi sumarið 2016 (Elvar Árni Lund og félagar 2017).

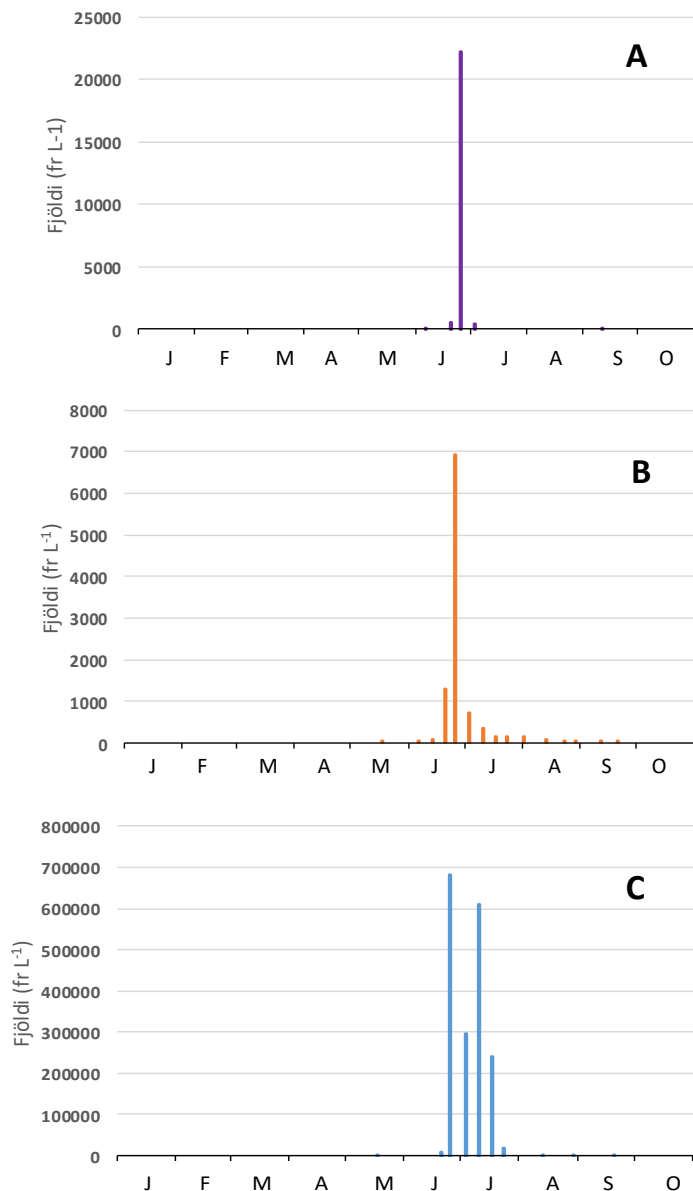
Eiturbörungar við Kiðey í Breiðafirði

Lítið bar á *Alexandrium* tegundum við Kiðey í Breiðafirði á árinu 2016 ef frá eru skildar nokkrar vikur í júní og byrjun júlí. Fram eftir júní fannst *Alexandrium* í litlum mæli en myndaði svo mikinn blóma síðustu vikuna í júní með heildarfjölda yfir 22.000 fr L⁻¹ sem rénaði þó mjög fljótt aftur (3. mynd A). Við sýnatöku í byrjun júlí var fjöldi *Alexandrium* aðeins fáein hundruð fr L⁻¹. Það sem eftir lifði sumars varð ekki vart við *Alexandrium* frumur við Kiðey nema einu sinni í september og þá í mjög litlum mæli (3. mynd A).

Mælingar á PSP um tveimur vikum eftir blómann við Kiðey sýndu að styrkur PSP var geysihár eða 3.540 µg kg⁻¹ (www.mast.is). Styrkur PSP eiturs hjaðnaði svo mjög hratt og var kominn niður fyrir viðmiðunarmörk um leyfilegan PSP styrk í kræklingi viku síðar en þá var frumufjöldi *Alexandrium* fáein hundruð fruma í lítra eins og áður er getið.

Lítið bar á *Dinophysis* tegundum við Kiðey fyrr en eftir miðjan júní en þá varð skyndilega mikill blómi af þeim sem náði hæst tæpum 7.000 fr L⁻¹ (3. mynd B). Þetta gerðist á svipuðum tíma og þegar *Alexandrium* blómstraði. Fjöldi *Dinophysis* rénaði þó hratt eftir blómann og var í byrjun júlí kominn langt undir 1.000 fr L⁻¹. Eftir það fundust *Dinophysis* frumur í litlum mæli langt fram í september en hurfu þá úr svifinu.

Mælingar á DSP eitri tveimur vikum eftir *Dinophysis* blómann sýndu að mikið eitur var í skelinni eða 430 µg kg⁻¹ sem er langt yfir viðmiðunarmörkum um leyfilegt magn DSP í skelfiski (www.mast.is). Viku fyrir blómann mældist vottur af DSP eitri í skelinni en þremur vikum eftir blómann hafði DSP eitur í skel fallið langt undir viðmiðunarmörk um leyfilegt DSP í skel eða þ.e. niður í 90 µg kg⁻¹. Niðurstöður mælinga á eitri í skel sýndu svo að mjög lítið DSP fannst í kræklingi um miðjan ágúst og var horfið úr skelinni í byrjun september (www.mast.is).



3. mynd. Breytingar á heildarfjölda eittraðra svifþörunga (fr L^{-1}) á 0-10m dýpi við Kiðey í Breiðafirði frá janúar til október árið 2016. A) *Alexandrium* tegundir, B) *Dinophysis* tegundir og C) *Pseudo-nitzschia* tegundir.

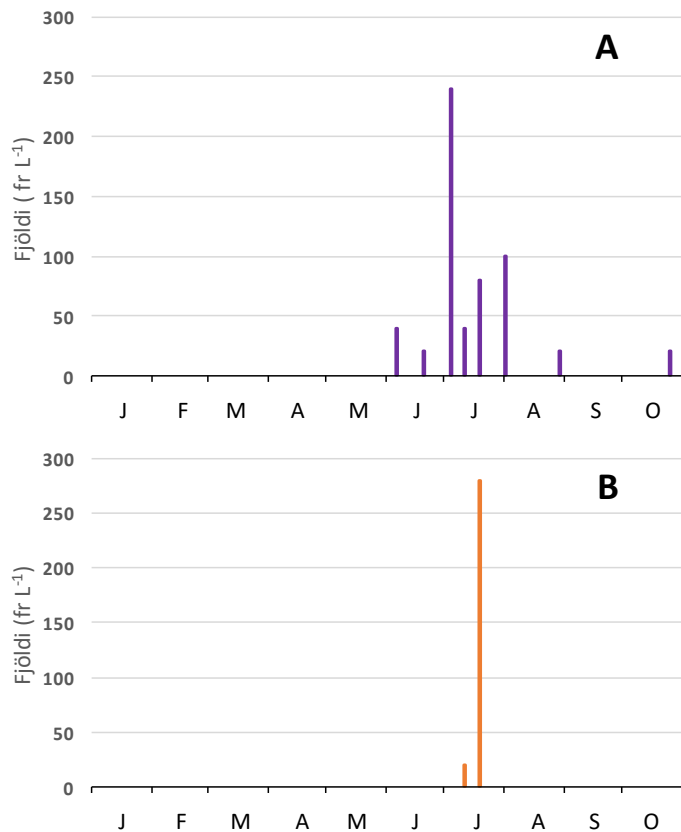
Figure 3. Changes in abundances of toxic phytoplankton groups (c L^{-1}) (0-10 m) in Kiðey, Breiðafjörður, from January to October 2016. A) *Alexandrium* spp, B) *Dinophysis* spp, C) *Pseudo-nitzschia* spp.

Mjög lítið bar á *Pseudo-nitzschia* tegundum í svifinu við Kiðey fyrr en komið var fram í lok júní. Þá jókst fjöldi þeirra skyndilega og var hár í fjórar vikur samfleytt (3. mynd C). Frumufjöldi var á þessum tíma frá rúmlega 200.000 fr L^{-1} upp í nær 700.000 fr L^{-1} sem er vel yfir viðmiðunarmörkum sem notuð eru varðandi hættu á ASP eitri í skelfiski. Eftir þennan blóma varð aðeins vart við *Pseudo-nitzschia* tegundir í litlum mæli út sumarið.

Ekki mældist ASP eitur í skel frá Kiðey í mælingum sem gerðar voru í júlímánuði þegar magn *Pseudo-nitzschia* var mest (www.mast.is).

Eiturþörungur í Króksfirði (Breiðafjörður)

Alexandrium frumur fundust í Króksfirði samfelld frá júní til ágúst 2016 en frumufjöldinn var fremur lítill. Mest fundust 240 fr L⁻¹ í byrjun júlí en annars var fjöldinn minna en 100 fr L⁻¹ (4. mynd A). Niðurstöður mælinga á PSP eitri í kræklingi sýndu að aldrei fannst PSP í kræklingi þetta sumar (www.mast.is).



4. mynd. Breytingar á heildarfjölda eittraðra svifþörungur (fr L⁻¹) í Króksfirði (Breiðafjörður) frá janúar til október árið 2016. A) *Alexandrium* tegundir, B) *Dinophysis* tegundir.

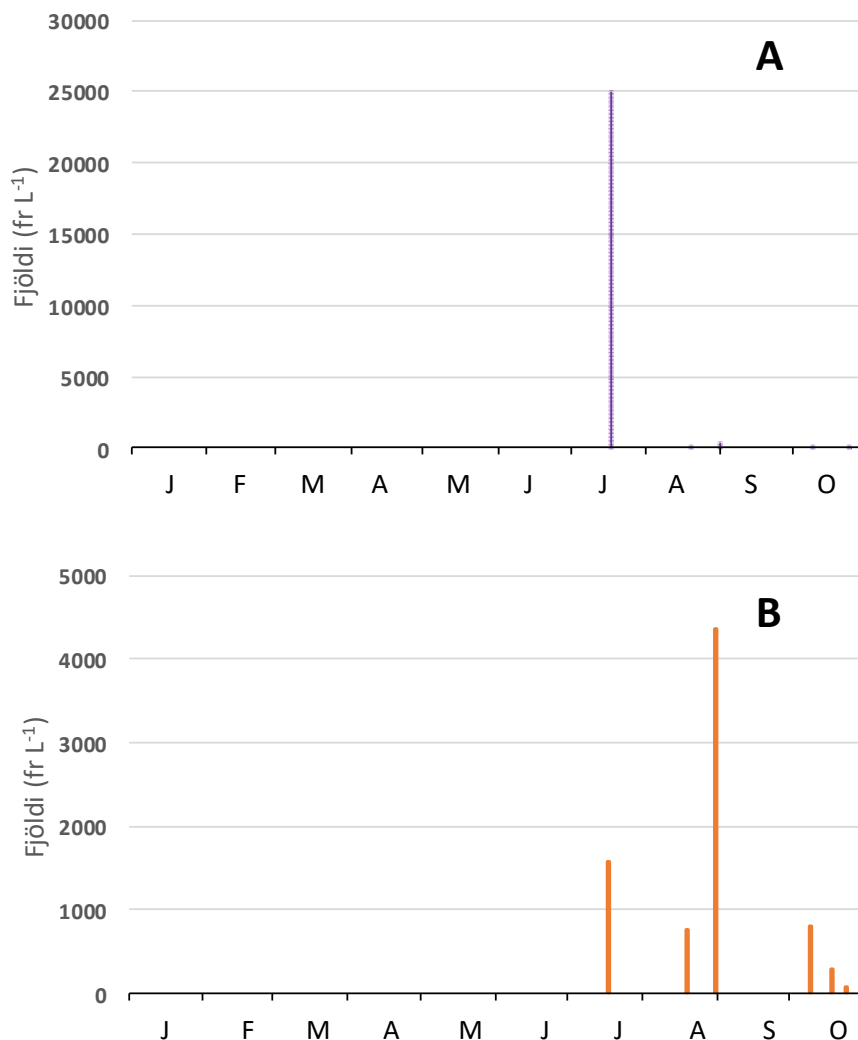
Figure 4. Changes in abundances of toxic phytoplankton groups (c L⁻¹) in Kroksfjordur (Breidafjordur) from January to October 2016. A) *Alexandrium* spp, B) *Dinophysis* spp.

Í Króksfirði fundust *Dinophysis* frumur aðeins tvívegis sumarið 2016 (4. mynd B). Þetta var í júlí og var fjöldi *Dinophysis* langt innan viðmiðunarmarka um hættu á DSP eitrun í kræklingi. Engu að síður mældist DSP eitur í kræklingi sem var í rækt í Króksfirði um sumarið en gildin voru þó oftast fremur lág í júlí (www.mast.is). Hæstu gildin fundust í ágúst þar sem magn DSP eiturs í skel var langt yfir viðmiðunarmörkum og í september en þá var eiturmagn komið undir viðmiðunarmörk um leyfilegt magn DSP í skelfiski. Skýringin á því að DSP eitur finnist í skel þrátt fyrir að mjög lítið sé af *Dinophysis* frumum í sjónum liggur sennilega í því að kræklingur var á árinu 2016 veiddur í Hvalfirði og fluttur í Króksfjörð til áframeldis. Kræklingur í Hvalfirði innihélt mikið magn DSP eiturs allt sumarið 2016 og raunar út árið. DSP eitur sem mældist í kræklingi í rækt í Króksfirði gæti því átt rætur að rekja til kræklinga sem var upprunnin úr Hvalfirði sumarið 2016.

Eiturþörungur í Steingrímsfirði

Úr Steingrímsfirði bárust ekki svifsýni fyrr en í júlí 2016. Þá var fyrir hendi mikill blómi *Alexandrium* spp í firðinum með frumfjölda upp á 25.000 fr L⁻¹ (5. mynd A). Þegar ljóst var að svo mikið væri af eiturþörungum í firðinum voru öll áform um uppskeru á kræklingi lögð til hliðar í bili og þar með með féllu sýnatökur af svifþörungum niður. Næstu sýni bárust seinni partinn í ágúst og hafði þá *Alexandrium* blóminn gengið yfir og var frumfjöldi *Alexandrium* mjög lítill. Vottur af *Alexandrium* frumum fundust þó fram í nóvember (5. mynd A).

Engin PSP eiturmæling var gerð í kræklingi þegar fjöldi *Alexandrium* var sem mestur og heldur ekki vikunnar á eftir. Fyrsta PSP mæling eftir blómann var gerð 3. september 2016 og fundust þá 196 µg kg⁻¹ af PSP í kræklingi sem er langt undir viðmiðunarmörkum um leyfilegt PSP eitur í skel (www.mast.is). Síðan voru gerðar mælingar í október og nóvember en niðurstöður þeirra sýndu að þá var allt PSP eitur horfið úr kræklingnum.



5. mynd. Breytingar á heildarfjölda eittraðra svifþörungna (fr L⁻¹) á 0-10m dýpi í Steingrímsfirði frá janúar til október árið 2016. A) *Alexandrium* tegundir, B) *Dinophysis* tegundir..

Figure 5. Changes in abundances of toxic phytoplankton groups (c L⁻¹) (0-10 m) in Steingrímsfjardur from January to October 2016. A) *Alexandrium* spp, B) *Dinophysis* spp.

Eins og áður kom fram bærust ekki sýni af svifþörungum úr Steingrímsfirði fyrr en um miðjan júlí. Þá var umtalsvert magn af *Dinophysis* spp í firðinum eða meira en 1.500 fr L⁻¹ (5. mynd B). Í lok ágúst varð svo allmikill blómi af *Dinophysis* spp (>4.400 fr L⁻¹) og í október var fjöldi þeirra enn yfir viðmiðunarmörkum um hættu á DSP eitrun í kræklingi en hjaðnaði úr því (5. mynd B).

Mælingar á DSP eitri í kræklingi voru fyrst gerðar í byrjun september og fundust þá há gildi (230 µm kg⁻¹ DSP) sem voru hærri en viðmiðunarmörk fyrir leyfilegt DSP eitur í kræklingi (www.mast.is). Sömuleiðis fundust mjög há gildi af DSP í október (380 µg kg⁻¹) en fóru lækkandi úr því (www.mast.is). Umtalsvert DSP eitur í kræklingi var enn fyrir hendi þegar komið var fram í janúar 2017 (140 µg kg⁻¹) en eiturmagnið var þó komið niður fyrir viðmiðunarmörk um leyfilegt DSP magn í kræklingi.

Nær ekkert varð vart við *Pseudo-nitzschia* tegundir í Steingrímsfirði á árinu 2016.

UMRÆÐA / DISCUSSION

Í vöktun eiturþörungum á árinu 2016 var safnað svifþörungasýnum reglulega á 4 stöðum á landinu þar af þremur vestanlands. Greindar voru þrjár ættkvíslir svifþörungum sem geta valdið eitrunum í skelfiski þ.e. *Alexandrium* spp (skorubörungar), *Dinophysis* spp (skorubörungar) og *Pseudo-nitzschia* spp (kísilþörungar). Eiturþörungur fundust á öllum söfnunarstöðunum en í mjög mislangan tíma á sumrinu. Á sumum stöðunum fundust eiturþörungur í geysimiklu magni.

Í Hvalfirði fundust *Alexandrium* frumur í allmargar vikur en magn þeirra varð aldrei mikið. Mælingar sýndu þó að PSP eitur safnaðist upp í kræklingi (Elvar Árni Lund og félagar 2017) en fór aldrei yfir viðmiðunarmörk Evrópusambandsins varðandi leyfilegt magn PSP í skelfiski, sem er 800 µg kg⁻¹. Fjöldi *Alexandrium* í Hvalfirði hefur sjaldan verið hár á því tímabili sem vöktunin nær yfir þ.e. frá árinu 2005 og þeir frekar verið fyrir hendi fyrri hluta sumars (Hafsteinn Guðfinnsson og fleiri 2005-2015). Þó eru dæmi um allmikinn fjölda (<1.800 fr L⁻¹) *Alexandrium* í Hvalfirði í júlímánuði árið 2009 og 2010 (Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2010, Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2011).

Geysimikið fannst af *Alexandrium* svifþörungum í stuttan tíma við Kiðey á Breiðafirði eða meira en 20.000 fr L⁻¹. Dæmi um háan frumufjölda af *Alexandrium* í Breiðafirði frá fyrri árum eru til t.d. sumarið 2009 þegar frumufjöldi þeirra skipti þúsundum í nokkrar vikur en hámarksfjöldi var rúmlega 16.000 fr L⁻¹ (Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2010). Árið 2010 var einnig nokkuð um *Alexandrium* í svifinu við Kiðey í stuttan tíma í júlí með hámarksfjölda yfir 1.000 fr L⁻¹ (Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2011).

Í Steingrímsfirði varð einnig mikill blómi af *Alexandrium* (>20.000 fr L⁻¹) sumarið 2016 en ekki liggja gögn fyrir um hvernig hann þróaðist vegna þess að ekki voru tekin svifsýni í aðdraganda blómans og ekki fyrr en mánuði eftir hann. Þá var blóminn gengin yfir og aðeins lítilsháttar magn af *Alexandrium* í sjónum. *Alexandrium* blómar hafa áður komið fyrir í Steingrímsfirði svo sem sumarið 2010 (> 4.000 fr L⁻¹) (Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2015).

Mjög lítið fannst af *Alexandrium* frumum í Króksfirði og hefur það verið svo síðan vöktun hófst þar árið 2014 (Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2015, Hafsteinn Guðfinnsson óbirt gögn).

Dinophysis svifþörungur fundust samfelld í Hvalfirði frá júní til ársloka 2016 og var fjöldi þeirra yfir viðmiðunarmörkum um hættu á DSP eitrun í skel nær allan þann tíma. Fjöldi fruma var mikill (>1.000 fr L^{-1}) langtímum saman eða frá júní til nóvember nánast samfleytt. Í 10 vikur var fjöldi þeirra að sumri meira en 3000 fr L^{-1} (2. mynd). Af þessu leiddi hátt DSP innihald í kræklingi (Elvar Árni Lund og félagar 2017).

Sá mikli fjöldi *Dinophysis* svifþörungur sem fannst í Hvalfirði á árinu 2016 er ekki einsdæmi. Árin 2005 til 2012 að undateknu árinu 2011 skipti fjöldi *Dinophysis* þúsundum í firðinum um lengri eða skemmri tíma að sumrinu (Agnes Eydal og félagar 2007, Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2010, <http://www.hafro.is/voktun/arsskyrslur.html>). Sömuleiðis var fjöldi *Dinophysis* mikill og langvarandi á árinu 1997 um sumarið og fram á haustið. Það ár fannst eitur í kræklingi fram í nóvember en mælingar voru ekki gerðar lengra fram á haustið (Agnes Eydal 2003). Mælingar á DSP eitri í kræklingi á árinu 2016 sýndu líka að DSP innihald hans var mjög hátt í árslok 2016. Frekari mælingar fram á vorið 2017 sýndu að DSP magn í kræklingi lækkaði ekki niður fyrir viðmiðunarmörk um leyfilegt DSP eitur í kræklingi fyrr en í maí 2017 (Elvar Árni Lund og félagar 2017). Dæmi eru einnig um að kræklingur í Steingrímsfirði hafi innihaldið mikið DSP langt fram á vetur (www.mast.is). Því er sennilegt að þegar kræklingur inniheldur mikið DSP eitur seint að hausti þá eigi hann erfitt að losa sig við það fyrr en að vori þegar fæðuframboð eykst á nýjan leik. Það var raunin í þeim tveimur fjörðum sem voru nefndir hér á undan.

Í Breiðafirði við Kiðey var óvenju mikið um *Dinophysis* þörungur sumarið 2016. Ef lítið er til gagna frá fyrri árum þá var lítið um *Dinophysis* á tímabilinu 2005 til 2015 ef frá er talið árið 2010 (Agnes Eydal og félagar 2007, Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2010, <http://www.hafro.is/voktun/arsskyrslur.html>).

Í Króksfirði var mjög lítið um *Dinophysis* þörungur á árinu 2016 og hefur svo verið síðan vöktun hófst í firðinum árið 2014.

Í Steingrímsfirði var mikið af *Dinophysis* þörungum í lok sumars og fram á haust. Því fylgdu há DSP gildi í kræklingi fyrstu vikurnar á eftir. Eitrið fór þó minnkandi er leið á haustið en var enn til staðar í janúar 2017 í all miklu magni eða $140 \mu\text{g kg}^{-1}$ af kræklingi sem er þó undir viðmiðunarmörkum um leyfilegt magn DSP eiturs í kræklingi (www.mast.is). *Dinophysis* þörungur hafa oft fundist í Steingrímsfirði yfir viðmiðunarmörkum um hættu á DSP eitrun í skel. Þannig var fjöldi *Dinophysis* vikum saman yfir viðmiðunarmörkum sumarið 2010 (Hafsteinn Guðfinnsson og félagar 2015, <http://www.hafro.is/voktun/arsskyrslur.html>).

Allmikið fannst af *Pseudo-nitzschia* þörungum í Hvalfirði og Breiðafirði á tímabilum sumarið 2016 svo sem oft hefur verið frá því að vöktun hófst í þeim fjörðum (<http://www.hafro.is/voktun/arsskyrslur.html>). ASP í kræklingi mældist ekki og hefur aldrei mælst í íslenskum kræklingi svo vitað sé.

Lokaorð

Vöktun á eiturþörungum í allmörgum íslenskum fjörðum hefur verið framkvæmd frá árinu 2005. Niðurstöður hennar hafa sýnt að eittraðir svifþörungur finnast í öllum fjörðum sem hafa verið kannaðir en í mismiklu magni. Þeir finnast stundum í geysimiklu magni eins og niðurstöður þessarar greinar sýna en í annan tíma er mun minna um þá. Þá hefur sýnt sig að vöxtur þeirra getur verið mjög breytilegur í tíma frá vori til hausts. Stundum finnast þeir í mestum mæli fyrri hluta sumars en stundum seinni hluta sumars. Þá er einnig til í dæminu að þeir séu viðvarandi frá vori til hausts eins og gerðist í Hvalfirði sumarið 2016 varðandi vöxt *Dinophysis* tegunda (Elvar Árni Lund og félagar 2017 og sömuleiðis á árinu 1997 (Agnes Eydal 2003).

Mælingar á eiturefnum svifþörungum í íslenskum kræklingi hafa aukist síðustu árin (www.mast.is). Niðurstöður þeirra sýna að PSP og DSP eiturefni finnast gjarnan í kræklingi þegar fjöldi *Alexandrium* og *Dinophysis* tegunda er nægilega mikill í umhverfi kræklingins. Mælingar á þessum eiturefnum í kræklingi sýna að magn þeirra getur orðið býsna hátt einkum eftir blóma eiturþörungum og liggja slíkar niðurstöður fyrir í mörgum íslenskum fjörðum (www.mast.is). Til viðbótar hefur komið fram að DSP eitur getur fundist í kræklingi langt fram á vetur og jafnvel til vors þegar *Dinophysis* tegundir eru til staðar langt fram á haustið í ríkum mæli. Það hefur ítrekað gerst í Hvalfirði en einnig eru dæmi um slíkt í Steingrímsfirði. Ítrekaðar mælingar á ASP í kræklingi við Ísland hafa aldrei gefið til kynna að ASP sé til staðar (www.mast.is).

Heimildir

Agnes Eydal. (2003). *Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungum í Hvalfirði*. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 99.

Agnes Eydal, Hafsteinn Guðfinnsson, Kristinn Guðmundsson, Dóra Sigrún Gunnarsdóttir, Karl Gunnarsson, Þór Gunnarsson, Grímur Ólafsson, Björn Theódórsson, Halldór Ó. Zoëga. (2007). *Vöktun eiturþörungum í tengslum við nýtingu skelfisks árið 2005*. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 128

Elvar Árni Lund, Hafsteinn Guðfinnsson, Helga Gunnlaugsdóttir, Sophie Jensen. (2017). *Aukin þekking á heilnæmi íslenskrar bláskeljar – rannsóknir á sambandi eittraðra svifþörungum í sjó og uppsöfnun eiturs í bláskel*. AVS verkefni á vegum Fjarðarskeljar, Matís, Hafrannsóknastofnunar og Skelræktar 2015 – 2017. Verknúmer R-010-16, 21 bls.

Hafsteinn G. Guðfinnsson, Sólveig R. Ólafsdóttir og Jón Örn Pálsson. (2015). *Svifþörungur, næringarefni og sjávarhiti í Steingrímsfirði á Ströndum, 2010 -2011*. Hafrannsóknir nr. 180.

Hafsteinn G. Guðfinnsson, A. Eydal, K. Gunnarsson, K. Guðmundsson, K. Valsdóttir. (2010). Monitoring of toxic phytoplankton in three Icelandic fjords. *ICES CM 2010/N12*.

Hafsteinn Guðfinnsson, Agnes Eydal, Kristín J. Valsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson. (2011). Vöktun eiturþörungum 2010. Hafrannsóknastofnun, Ársskýrsla um vöktun eiturþörungum við Ísland. Sjá: <http://www.hafro.is/voktun/>

Hafsteinn Guðfinnsson, Kristín J. Valsdóttir, Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal og Karl Gunnarsson. (2016). Vöktun eiturþörungum 2015. Hafrannsóknastofnun, Ársskýrslur um vöktun eiturþörungum við Ísland. Sjá: <http://www.hafro.is/voktun/>

Hafsteinn Guðfinnsson, Kristín J. Valsdóttir, Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal og Karl Gunnarsson. (2006-2015). Ársskýrslur um vöktun eiturþörungum. Hafrannsóknastofnun. Sjá: <http://www.hafro.is/voktun/arsskyrslur.html>

Matvælastofnun, heimasíða. (2018). Mælingar á þörungaeitri í skelfiski.

<http://mast.is/library/Eftirlitsni%C3%B0urst%C3%B6%C3%B0ur/Skelfiskur/Eftirlitsni%C3%B0urst%C3%B6%C3%B0ur%202017%20og%202018%20-%20A.pdf>



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna