



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Ástand sjávar 2017 og 2018

*Sólveig R. Ólafsdóttir, Magnús Danielsen, Eygló Ólafsdóttir,
Alice Benoit-Cattin, Jacek Sliwinski og Andreas Macrander*

Ástand sjávar 2017 og 2018

*Sólveig R. Ólafsdóttir, Magnús Danielsen, Eygló Ólafsdóttir,
Alice Benoit-Cattin, Jacek Sliwinski og Andreas Macrander*

Upplýsingablað

Titill: Ástand sjávar 2017 og 2018		
Höfundar: Sólveig R. Ólafsdóttir, Magnús Danielsen, Eygló Ólafsdóttir, Alice Benoit-Cattin, Jacek Sliwinski og Andreas Macrander		
Skýrsla nr. HV 2020-40	Verkefnisstjóri: Sólveig R. Ólafsdóttir	Verknúmer: 9219, 9203
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 27	Útgáfudagur: 10. ágúst 2020
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: opin	Yfirfarið af: Andreas Macrander
Ágrip Á Hafrannsóknastofnun er unnið að margvíslegum umhverfisskónum í hafinu umhverfis Ísland. Beinast þær m.a. að því að fylgjast með langtímabreytingum á ástandi sjávar og lífríkis í yfirborðslögum. Skýrslan fjallar um niðurstöður rannsókna á ástandi sjávar árin 2017 og 2018 og þær settar í samhengi við niðurstöður fyrri ára. Fjallað er um niðurstöður athugana úr ársfjórðunglegum mælingum á föstum mælistöðvum. Gerð er grein fyrir hita, seltu og næringarefnum. Í meginráttum má segja að á árunum 2017 og 2018 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 hafði lækkað nokkuð frá fyrri árum. Abstract The Marine and Freshwater Research Institute carries out various environmental research in Icelandic waters with the objective to monitor long term changes. The results on temperature, salinity and nutrients from quarterly hydrographic cruises for the monitoring of environmental conditions in Icelandic waters in 2017 and 2018 are reported here. In 2017 and 2018 the temperature in upper layers to the south and west of Iceland was close to or under the long-term average but close to or above the average to the north and east of Iceland. Salinity was lower than in previous years. Lykilorð: Umhverfisskilyrði, vöktun, hiti, selta, næringarefni, langtímabreytingar		
Undirskrift verkefnisstjóra: 		Undirskrift forstöðumanns sviðs: 

Efnisyfirlit

Bls.

INNGANGUR / INTRODUCTION.....	1
GAGNASÖFNUN / OBSERVATIONS.....	2
HITI OG SELTA / TEMPERATURE AND SALINITY	5
NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2017 / RESULTS FROM 2017	5
NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2018 / RESULTS FROM 2018	9
LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES	13
BOTNHITI / BOTTOM TEMPERATURE	16
NÆRINGAREFNI / NUTRIENTS	19
NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2017 / RESULTS FROM 2017	19
NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2018 / RESULTS FROM 2018	22
LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES	24
HEIMILDIR / REFERENCES.....	27

Töfluskra

Tafla 1. Sjórannsóknaleiðangrar á árinu 2017.	3
Tafla 2 Sjórannsóknaleiðangrar á árinu 2018.	4

Myndaskrá

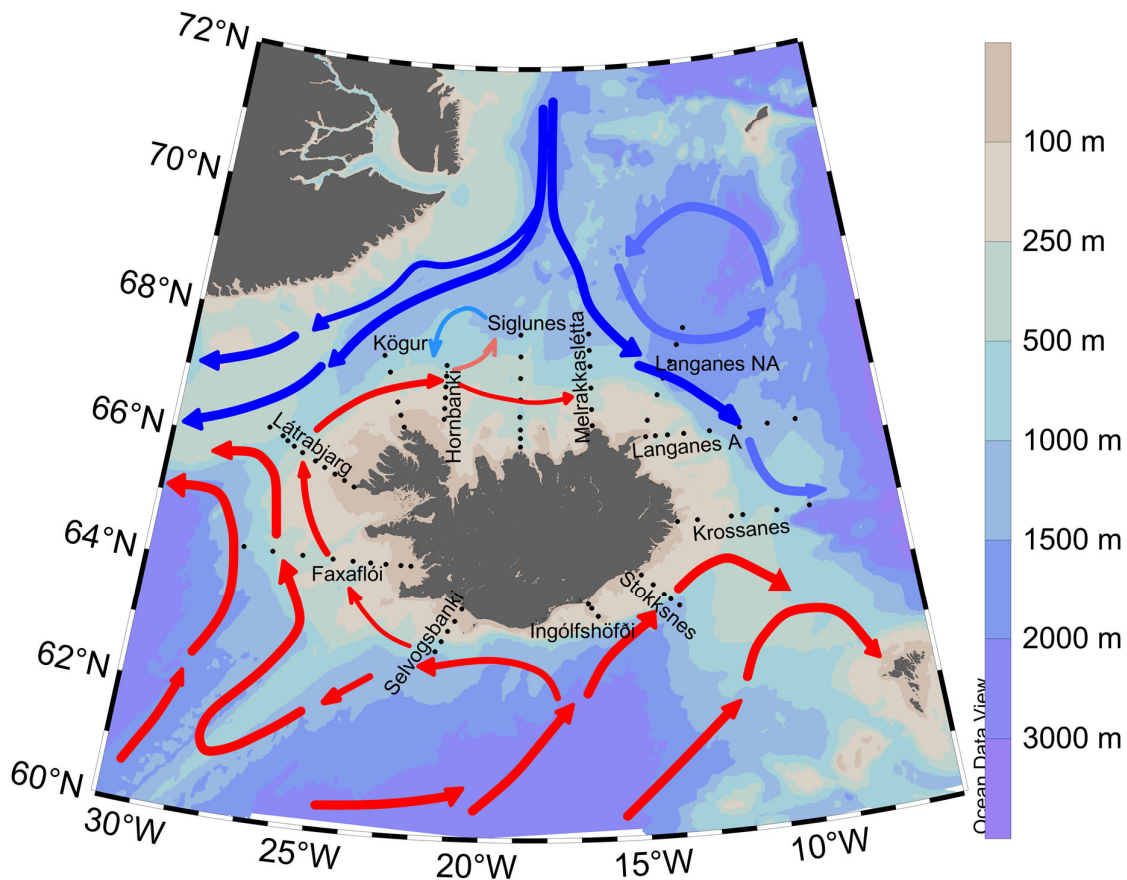
1. mynd. Kort sem sýnir stöðvar þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland. Myndin sýnir einnig helstu yfirborðsstrauma við landið (endurgert eftir Héðni Valdimarssyni o. fl. 2012 og Våge o.fl. 2013). Rauðar örvar tákna tiltölulega hlýjan og saltan Atlantssjó, bláar örvar seltuminni og kaldari pólsjó eða svalsjó. ...	1
2. mynd. Mælistöðvar sjórannsókna og heiti og skammstafanir sniða. Á sniðunum eru þrjár til tíu stöðvar sem númeraðar eru frá landi.	3
3. mynd. Ástand sjávar að vetrarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í febrúar 2017.	5
4. mynd. Ástand sjávar að vorlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í maí 2017.	6
5. mynd. Ástand sjávar að sumarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í ágúst 2017.	7
6. mynd. Ástand sjávar að haustlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í október 2017.	8

7. mynd. Ástand sjávar að vetrarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í febrúar 2018.	9
8. mynd. Ástand sjávar að vorlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í maí 2018.	10
9. mynd. Ástand sjávar að sumarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í ágúst 2018.	11
10. mynd. Ástand sjávar að haustlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í október 2018.	12
11. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori á stöð FX9 á Faxaflóasniði (RE8 til 1983). Athuganir frá stöð 8 á Reykjanesniði (sem nú er aflagt) og stöð 9 á Faxaflóasniði eru tengdar saman í samfellda tímaröð. Báðar stöðvarnar eru staðsettar í kjarna Atlantssjávar sem flæðir til norðurs með landgrunnskanti vestur af Faxaflóa. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar en eftir það samfelldar mælingar.	13
12. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori á stöð SB5 á Selvogsbankasniði. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar en eftir það samfelldar mælingar.	14
13. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori í vatnsúlunni á stöð SI3 á Siglunessniði úti fyrir Tröllaskaga. Fyrir 1990 eru notaðar brúaðar punktmælingar en eftir það samfelldar mælingar.	16
14. mynd. Botnhiti á völdum stöðvum umhverfis landið að vori (sjá 1. mynd). Tekið er meðaltal af 50-100 m vatnssúlu yfir botni og þannig fengin tímaröð af nánast ársfjórðungslegum mælingum (þunn lína). Einnig er sýnd þykk lína fyrir 5 ára keðjumeðaltal. Gildi frá árunum fyrir 1990 eru meðaltal línulega brúaðra óreglulegra punktmælinga (sjótaka). Gildi frá árunum eftir 1990 eru meðaltal samfelldra mælinga eftir dýpi (síríta). a) Botnhiti á stöðvum sunnan og vestan við landið. Stokksnes4 (botndýpi um 540 m), Selvogsbanka3 (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).	18
15. mynd. Lóðrétt dreifing nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Faxaflóasniði í a) febrúar 2017 og b) maí 2017.	19
16. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland í seinni hluta maí 2017, a) nítrat (NO_3 , $\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísill (Si, $\mu\text{mol L}^{-1}$).	20
17. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísils ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Siglunessniði í maí 2017.	21
18. mynd. Lóðrétt dreifing nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Faxaflóasniði a) febrúar 2018 og b) maí 2018.	22

19. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland seint í maí 2018, a) nítrat (NO_3 , $\mu\text{mól L}^{-1}$) og b) kísill (Si, $\mu\text{mól L}^{-1}$).	23
20. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ($\mu\text{mól L}^{-1}$) og b) kísils ($\mu\text{mól L}^{-1}$) á Siglunessniði síðla maí 2018.	24
21. Styrkur nítrats og kísils við yfirborð að vetrarlagi á stöð 9 á Faxaflóa á tímabilinu 1985-2018 og stöð 6 á Langanesi N-Austur á tímabilinu 1982-2018.	26

INNGANGUR / INTRODUCTION

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. Sjórinn fyrir norðan er aðallega myndaður við blöndun þess hluta hlýja Atlantssjávarins sem nær norður fyrir land við kaldari sjógerðir sem koma úr úr norðri (1. mynd).



1. mynd. Kort sem sýnir stöðvar þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknar umhverfis Ísland. Myndin sýnir einnig helstu yfirborðsstrauma við landið (endurgert eftir Héðni Valdimarssyni o. fl. 2012 og Våge o. fl. 2013). Rauðar örvar tákna tiltölulega hlýjan og saltan Atlantssjó, bláar örvar seltuminni og kaldari pólsjó eða svalsjó.

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) and Våge et al. (2013). 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. Tímabil hlýnunar og kólnunar tengjast 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 sunnan. Þessar breytingar á ástandi sjávar hafa veruleg áhrif á framvindu mikilvægra þátta vistkerfisins og vistkerfisins í heild.

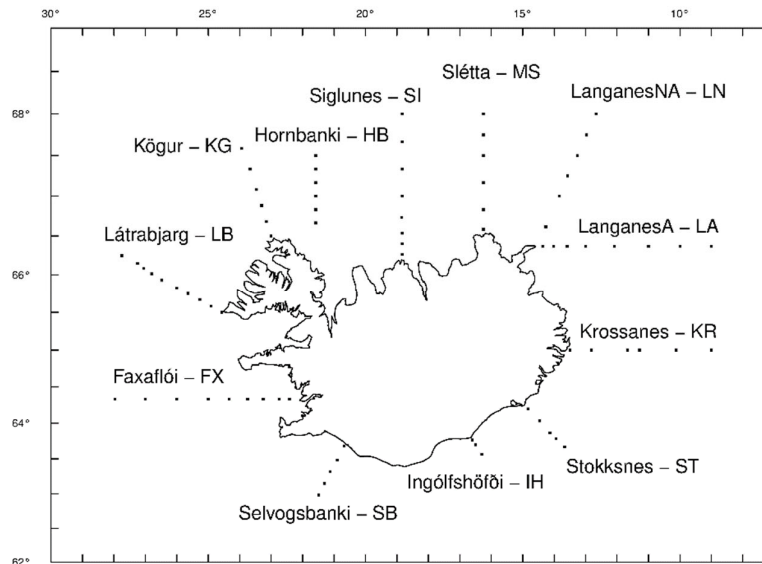
Athuganir á ástandi sjávar umhverfis Ísland að vorlagi hafa staðið samfelld frá um 1950 og frá því eftir 1970 á öðrum árstíðum. Þær athuganir sem nú eru gerðar á ástandi sjávar á endurteknum mælistöðvum eða sniðum (1. mynd) eru lágmarks athuganir til þess að fylgjast með breytingum á hafsvæðinu á stórum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

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 hér um 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. Hafísárin 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 auka þekkingu þar á m.a. með aukinni gagnasöfnun að vetri. Þá eru einnig stundaðar rannsóknir á ólífrænu kolefni sjávar og eru tímaraðir þeirra mælinga frá 1983 og þær eru nú augljóst og viðurkennt dæmi um mikilvægi reglubundinna athugana í vöktun loftslagsbreytinga.

GAGNASÖFNUN / OBSERVATIONS

Á árinunum 2017 og 2018 voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland á reglubundnu stöðvaneti sjórannsóknna (mynd 1) á fjórum árstíðum en listi yfir leiðangra árið 2017 er í töflu 1 og fyrir 2018 í töflu 2. Í texta er vísað bæði til nafna sniða og skammstafananna á þeim.



2. mynd. Mælistöðvar sjórannsóknna og heiti og skammstafanir sniða. Á sniðunum eru þrjár til tíu stöðvar sem númeraðar eru frá landi.

Figure 2. Hydrographic stations and names of sections. On each section are three to ten station that are numbered from the coast.

Athuganir voru gerðar á þeim stöðvum sem sýndar eru á mynd 1: í vetrarleiðangri í febrúar, vorleiðangri í maí og í sumarleiðangri í ágúst í tengslum við straummælingar og í leiðangri til stofnmælingar botnfiska að hausti í október/nóvember. Á sniði norður af Melrakkaslétu er einungis mælt í maí. Í vorleiðangri og vetrarleiðangri var mældur styrkur næringarefna en magn og tegundasamsetning bæði plöntu- og dýrasvifs voru rannsökuð í vorleiðangri. Hiti, selta, næringarefnastyrkur og magn bæði plöntu- og dýrasvifs var þess utan mælt í síldarleiðangri í Austurdjúpi í maí og makrílleiðangri í júlí og ágúst umhverfis landið.

Tafla 1. Sjórannsóknaleiðangrar og fjöldi sondustöðva í þeim á árinu 2017.

Table 1. Oceanographic cruises and number of CTD stations in 2017.

Leiðangur	Tími	Fjöldi sjórannsóknastöðva
B2-2017	3. – 27. febrúar	98
B7-2017	16. – 31. maí	112
B11-2017	3. – 20. ágúst	140
A13-2017	6. október – 9. nóvember	77

Tafla 2 Sjórannsóknaleiðangrar og fjöldi sondustöðva í þeim á árinu 2018.

Table 2. Oceanographic cruises and number of CTD stations in 2018.

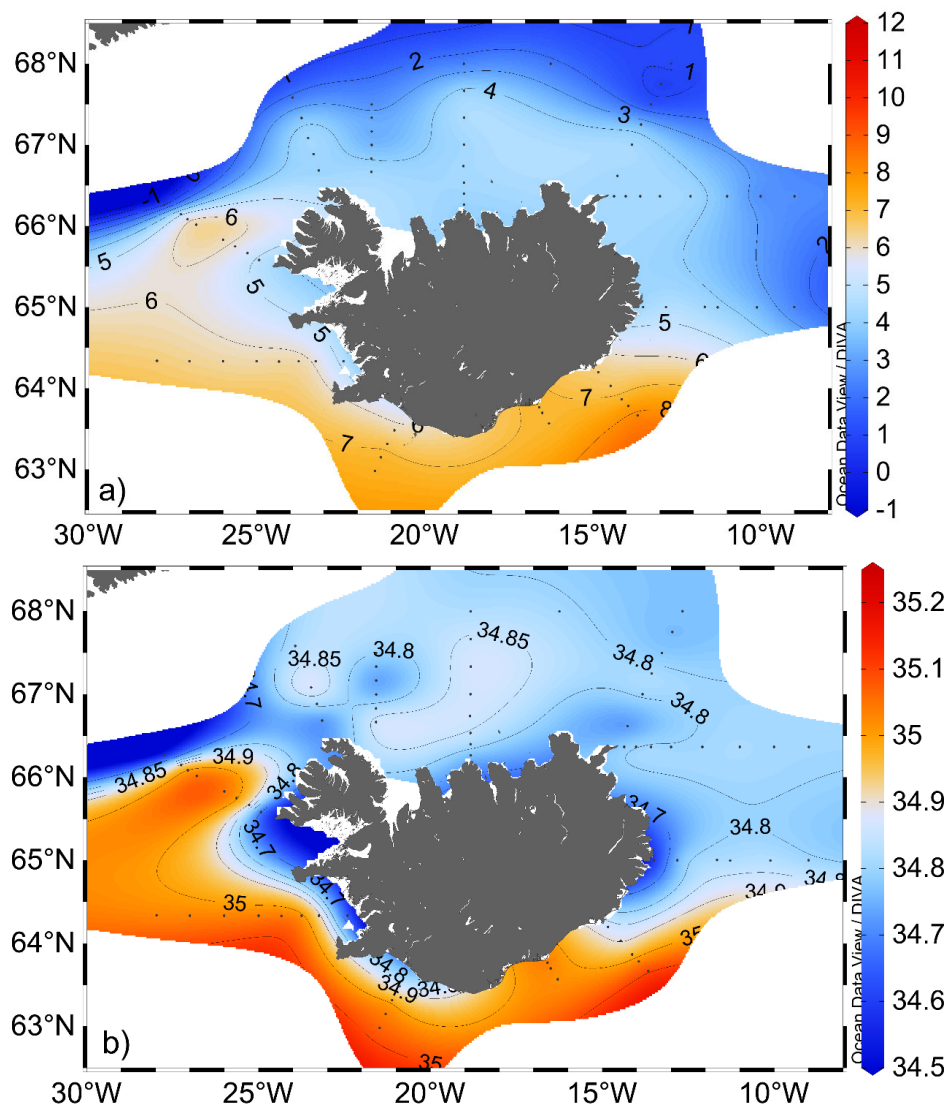
Leiðangur	Tími	Fjöldi sjórannsóknastöðva
B3-2018	9. febrúar – 4. mars	148
B7-2018	11. – 30. maí	142
B10-2018	2. – 18. ágúst	99
A12-2018	6. október – 12. nóvember	77

Niðurstöðum úr öllum þessum leiðöngnum eru lýst í þessari skýrslu en fleiri myndir og gögn er að finna á heimasíðu sjórannsókna: <https://sjora.hafro.is/>. Þá eru niðurstöðurnar settar í samhengi við sambærilegar athugananir frá öðrum svæðum í N-Atlantshafi í árlegri skýrslu alþjóða hafrannsóknaráðsins (ICES) um ástand sjávar í N-Atlantshafi (sjá t.d. González-Pola o.fl., 2019).

HITI OG SELTA / TEMPERATURE AND SALINITY

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2017 / RESULTS FROM 2017

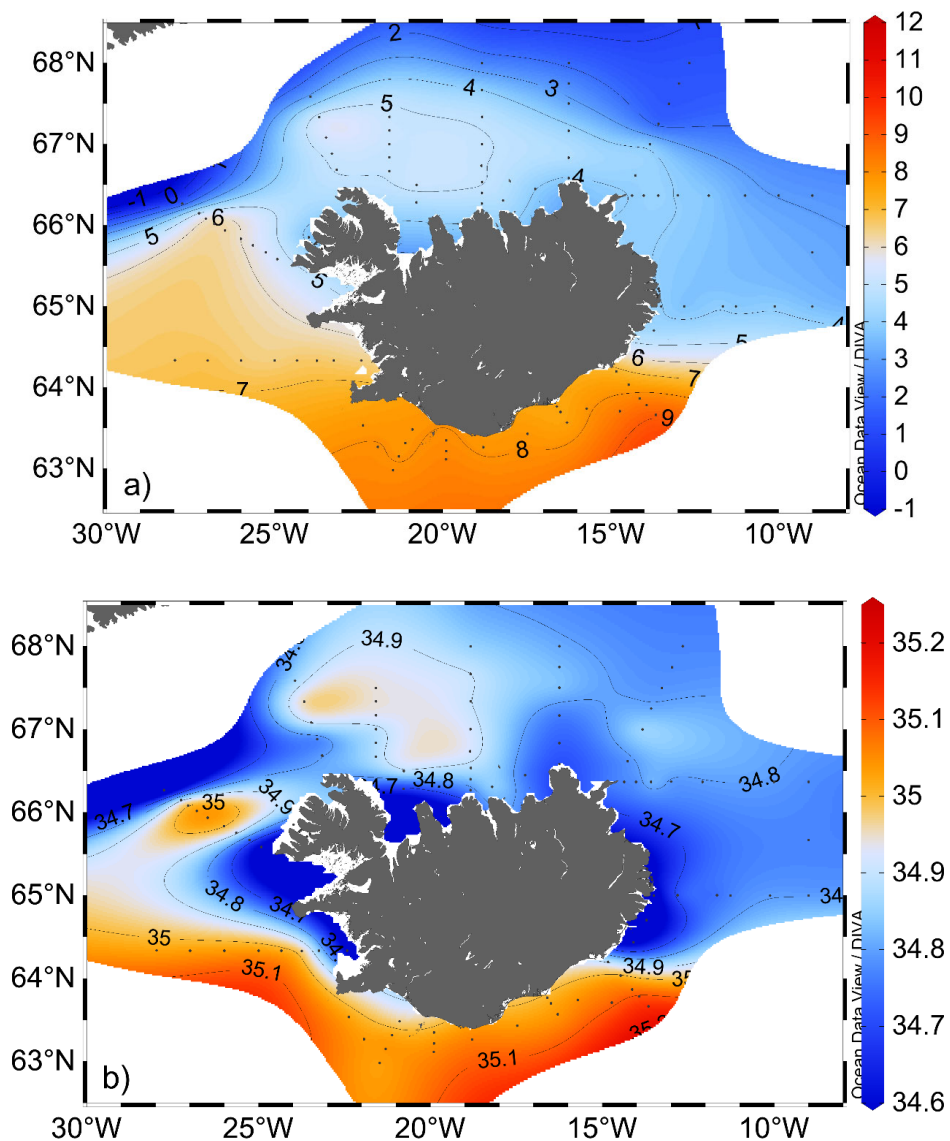
Efri lög / Upper layers



3. mynd. Ástand sjávar að vetrarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í febrúar 2017.

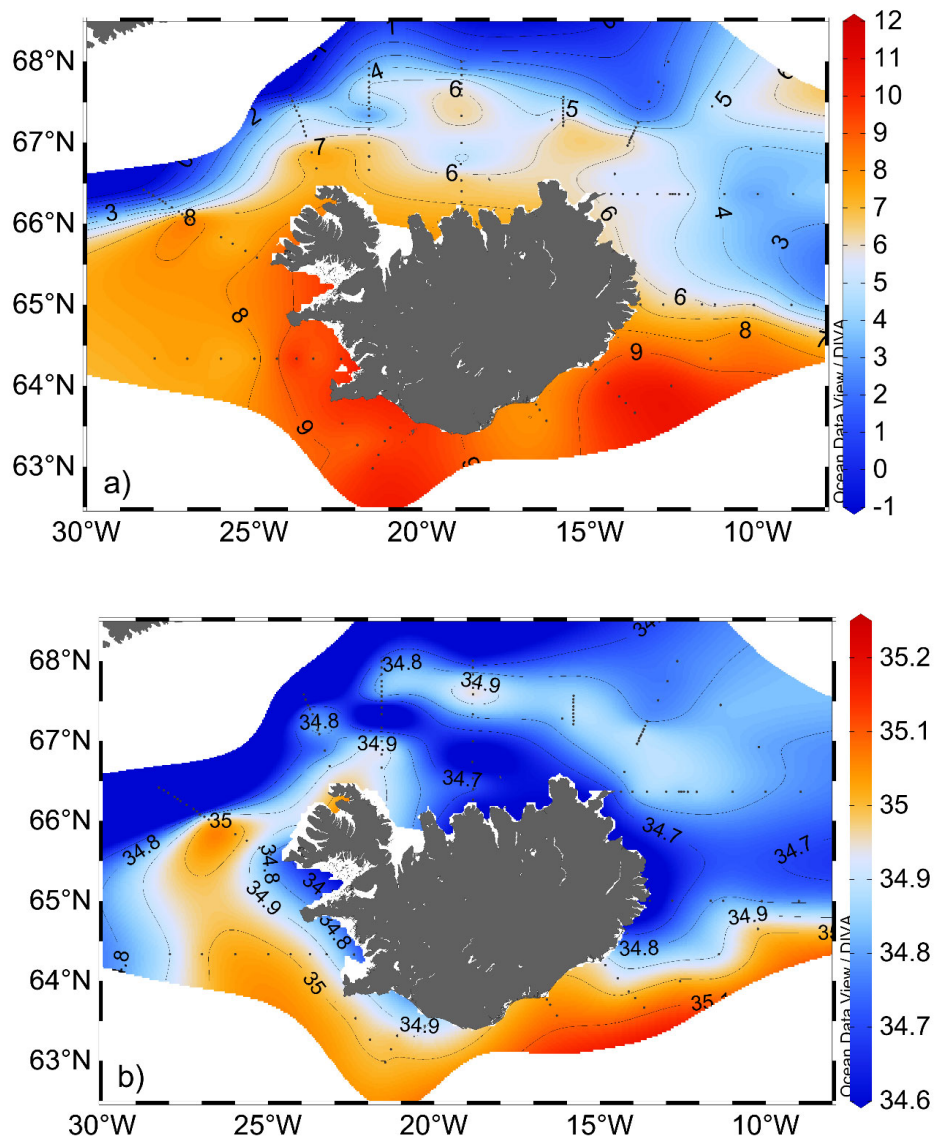
Figure 3. Environmental conditions in Icelandic waters in winter a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in February 2017.

Í vetrarleiðangri í febrúar 2017 (3. mynd) var hiti hlýsjávarins fyrir sunnan og vestan land nokkru fyrir neðan meðaltal síðustu 20 ára og selta hans var töluvert lægri en meðaltalið og hafði enn lækkað frá fyrra ári. Atlantssjávar gætti nokkuð norður fyrir Vestfirði en náði ekki austur að Hornbankasniði. Á norðurmiðum voru hiti og selta yfir langtímameðallagi (~3°C, ~34,8) þessa árstíma. Hiti og selta í Austur- Íslandsstraumi voru um eða yfir meðaltali (0-1°C, ~34,8).



4. mynd. Ástand sjávar að vorlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í maí 2017.
 Figure 4. Environmental conditions in Icelandic waters in spring a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in May 2017.

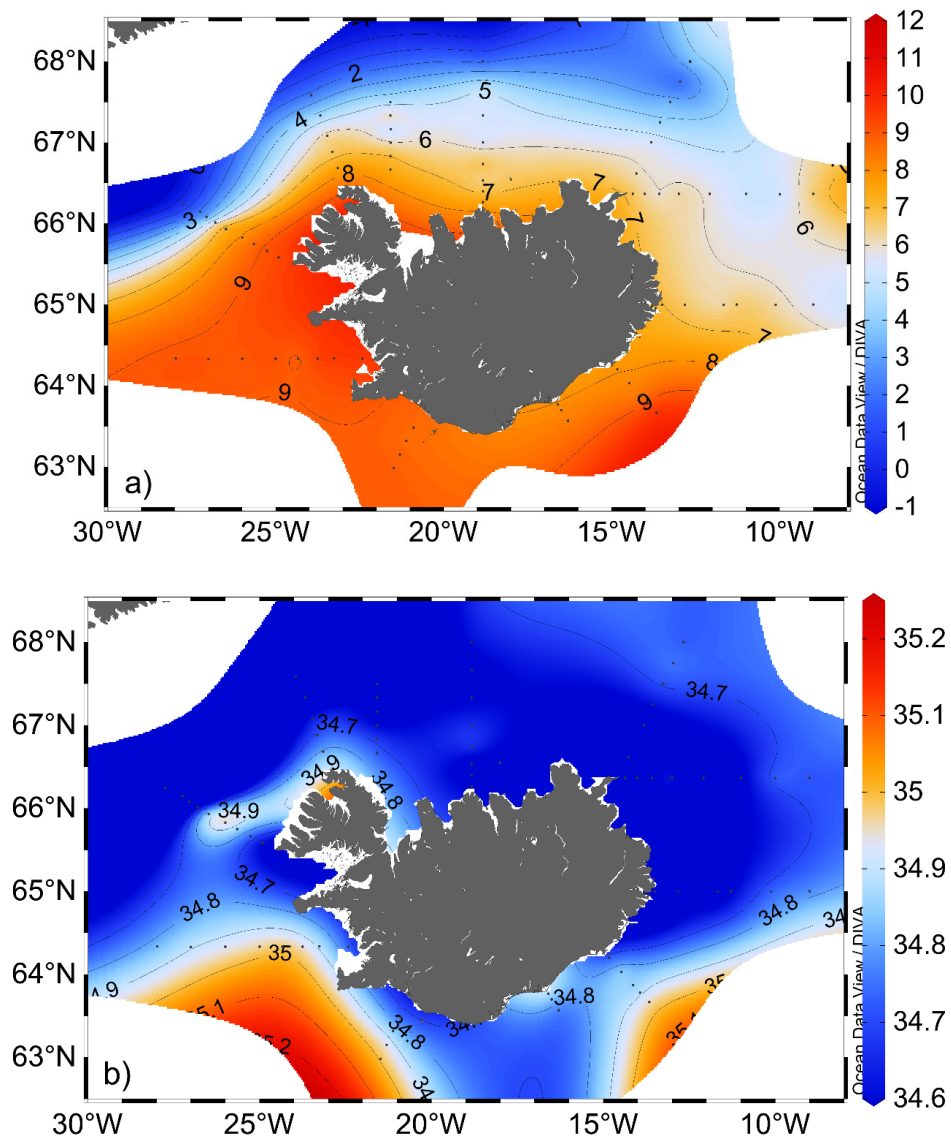
Í vorleiðangri (maí, 4. mynd) var Atlantsjórinn að sunnan undir meðallagi bæði í hita og seltu, en seltugildin voru óvenjulág. Innflæði hlýsjávarins inn á Norðurmið náði austur fyrir Siglunes. Hiti og selta úti fyrir Norðurlandi var fyrir ofan langtímameðaltal (~3-4°C, 34.8-34.85) þessa árstíma. Í Austur-Íslandsstraumi mældust hiti og selta yfir meðallagi. Úti fyrir Austfjörðum var hiti í efri lögum sjávar nokkru fyrir ofan meðaltal en selta um meðallag.



5. mynd. Ástand sjávar að sumarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í ágúst 2017.

Figure 5. Environmental conditions in Icelandic waters in summer a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in August 2017.

Í ágúst 2017 (5. mynd) var hiti efri laga sunnan og vestan við land undir meðaltali síðustu fjörutíu ára og nokkru lægri en verið hefur síðustu áratugi og var selta hlýsjávarins með því lægsta sem mælst hefur að sumri á þeim fjörutíu og fimm árum sem mælingar hafa staðið. Fyrir norðan land voru efri lög sjávar yfir meðallagi í hita og seltu. Úti fyrir Norðausturlandi, í Austur-Íslandsstraumi, voru hiti og selta efri laga yfir meðaltali. Austur af landinu voru hiti og selta yfir langtímameðaltali.

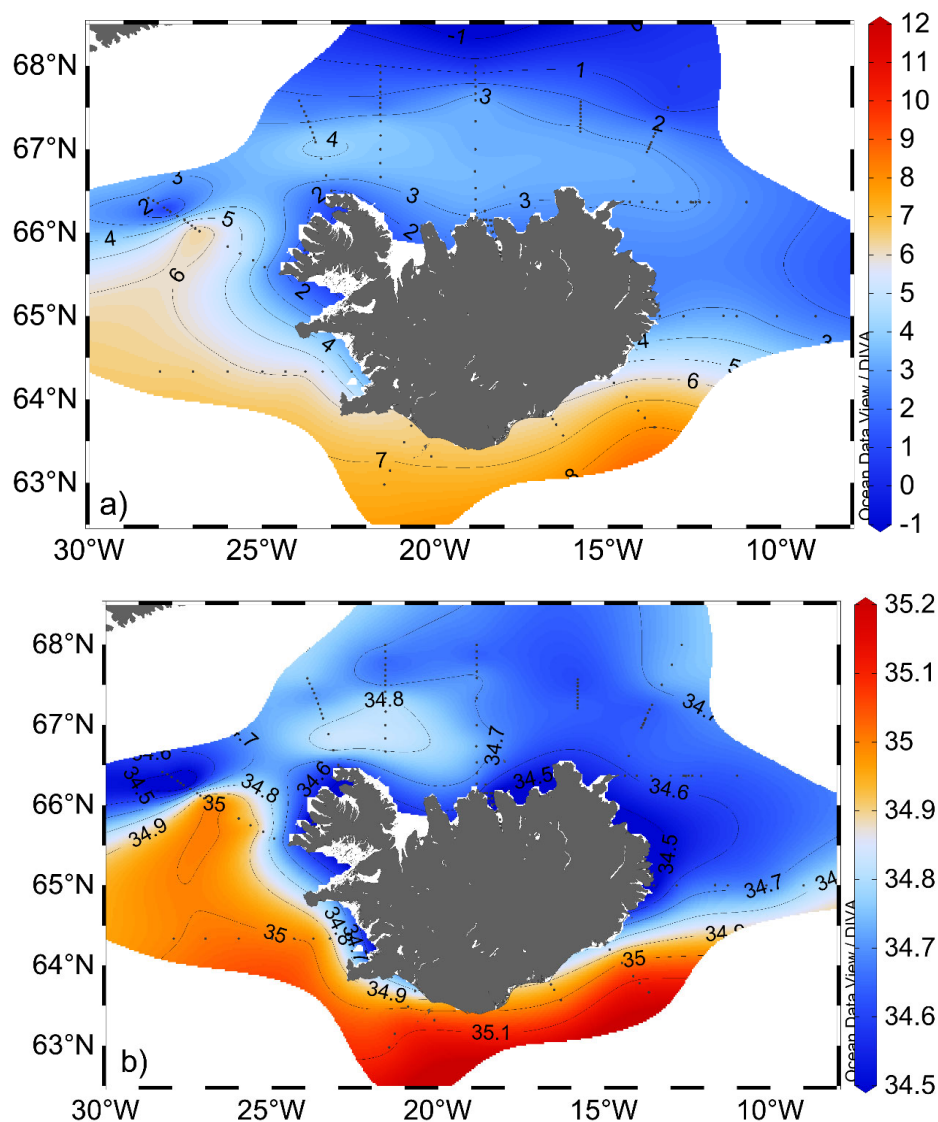


6.mynd. Ástand sjávar að haustlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í október 2017.
 Figure 6. Environmental conditions in Icelandic waters in autumn a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in October 2017.

Í haustralli í október (6. mynd) var hiti í hlýsjónum sunnan og vestan lands áþekkur því sem var árið á undan en seltan hafði lækkað áfram og var nú lægri en verið hefur í um aldarfjórðung. Hiti efri sjávarlaga norðan og austan við landið var vel yfir meðallagi en selta um meðallag.

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2018 / RESULTS FROM 2018

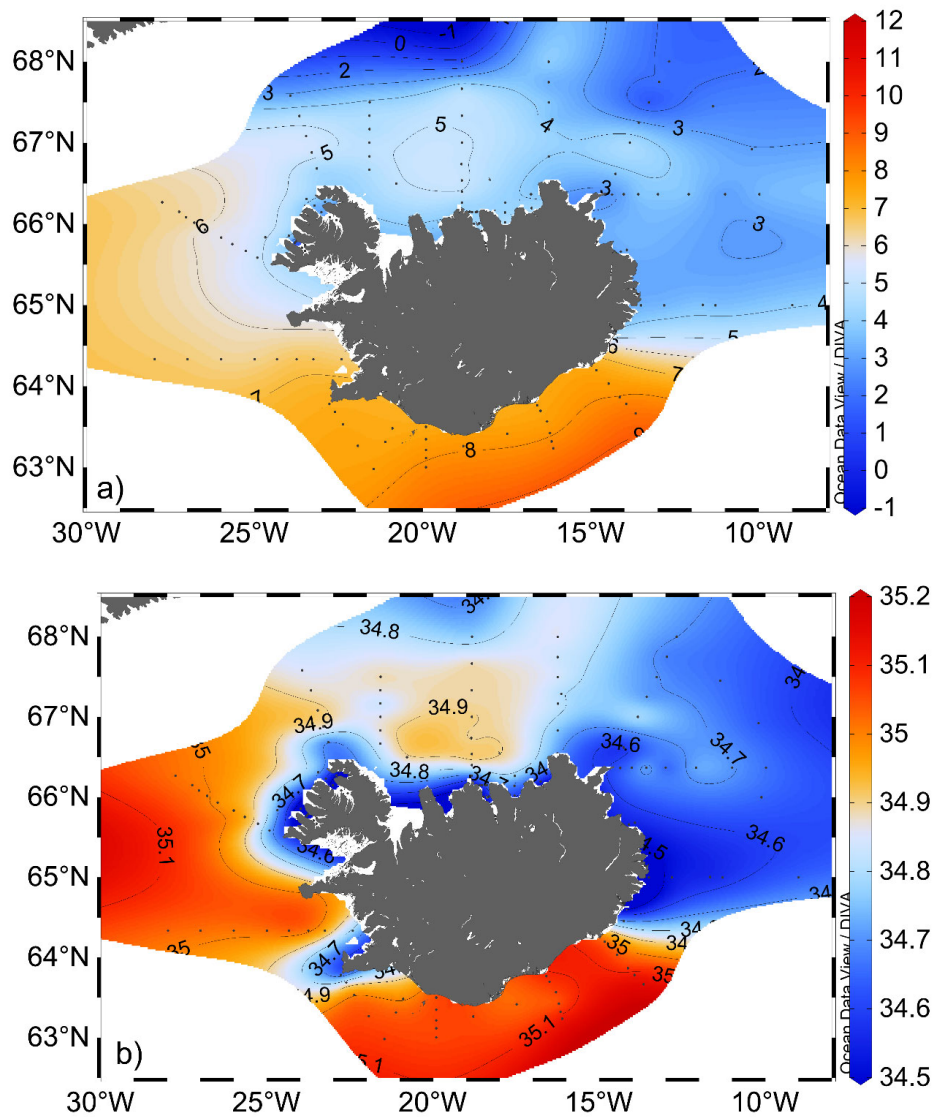
Efri lög / Upper layers



7. mynd. Ástand sjávar að vetrarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í febrúar 2018.

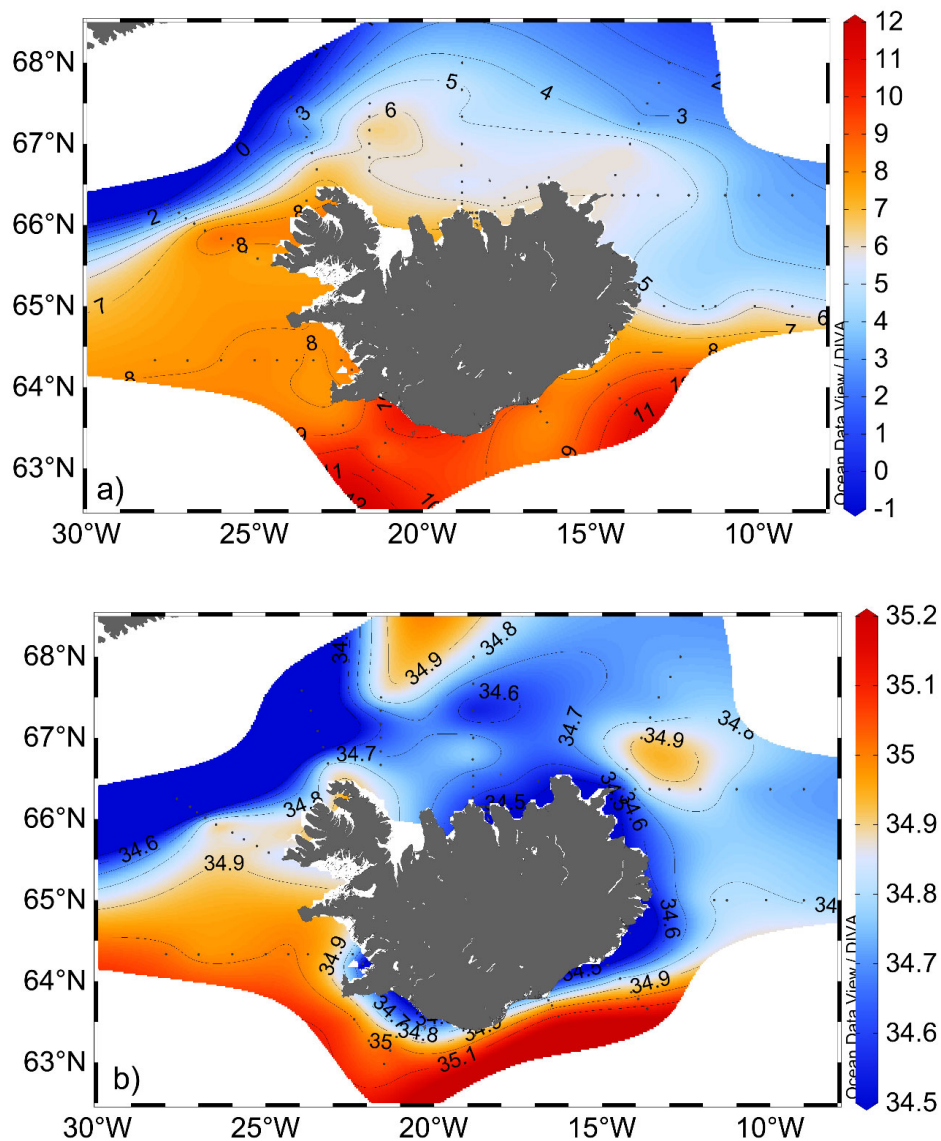
Figure 7. Environmental conditions in Icelandic waters in winter a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in February 2018.

Í vetrarleiðangri í febrúar 2018 (7. mynd) var hiti hlýsjávarins fyrir sunnan og vestan land fyrir neðan meðaltal síðustu 20 ára og selta hans var töluvert lægri en meðaltalið og hafði enn lækkað frá fyrra ári og var með lægstu gildum sem mælst hafa. Atlantssjavar gætti nokkuð norður fyrir Vestfirði en náði ekki austur að Hornbankasniði. Á norðurmiðum var hiti yfir langtímameðallagi þessa árstíma en selta var fyrir neðan það meðaltal ($\sim 3^\circ\text{C}$, $\sim 34,8$). Í Austur-Íslandsstraumi var hiti fyrir ofan langtímameðaltal þessa árstíma en selta undir því ($0-1^\circ\text{C}$, $\sim 34,8$).



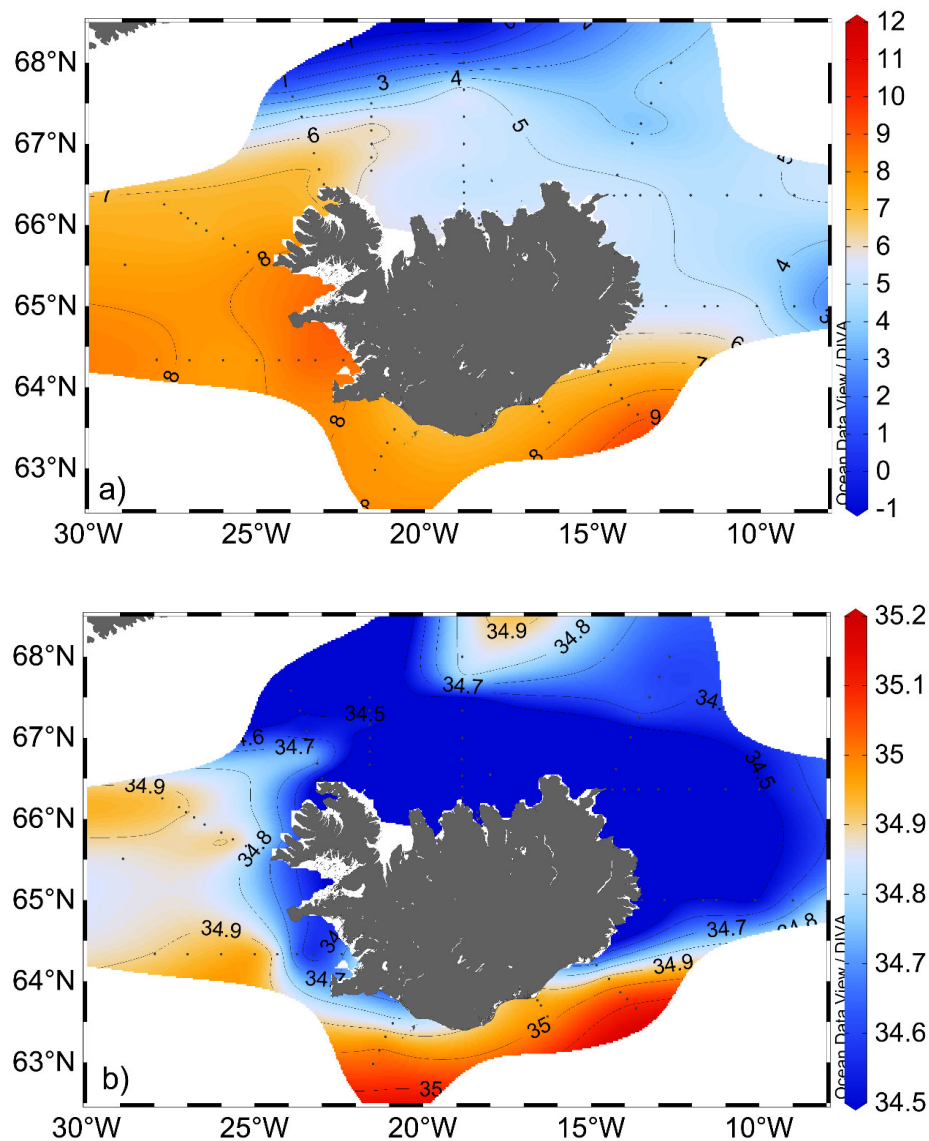
8. mynd. Ástand sjávar að vorlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í maí 2018.
 Figure 8. Environmental conditions in Icelandic waters in spring a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in May 2018.

Í vorleiðangri (maí, 8. mynd) var Atlantsjórinn að sunnan undir meðallagi bæði í hita og seltu, en seltugildin voru óvenjulág. Innflæði hlýsjávarins inn á Norðurmið náði austur fyrir Siglunes. Hiti og selta úti fyrir Norðurlandi var fyrir ofan langtímameðaltal (~3-4°C, 34.8-34.85) þessa árstíma. Í Austur-Íslandsstraumi mældust hiti og selta yfir meðallagi. Úti fyrir Austfjörðum var hiti í efri lögum sjávar nokkru fyrir ofan meðaltal en selta nokkru fyrir neðan.



9. mynd. Ástand sjávar að sumarlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í ágúst 2018.
 Figure 9. Environmental conditions in Icelandic waters in summer a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in August 2018.

Í ágúst 2018 (8. mynd) hafði hiti hlýsjávarins hækkað frá fyrra ári en var samt undir meðallagi og var hiti efri laga sunnan og vestan við land undir meðaltali síðustu fjörutíu ára og nokkru lægri en verið hefur síðustu áratugi og var selta hlýsjávarins lág og nokkru undir meðaltali en hafði samt hækkað frá fyrra ári. Fyrir norðan land voru efri lög sjávar yfir meðallagi bæði í hita en selta var nokkru undir langtímameðaltali þessa árstíma. Úti fyrir Norðausturlandi, í Austur-Íslandsstraumi, var hiti efri laga ennþá yfir meðallagi en seltan undir því. Austur af landinu var hiti yfir langtímameðaltali en selta nálægt því en bæði höfðu lækkað frá fyrra ári.



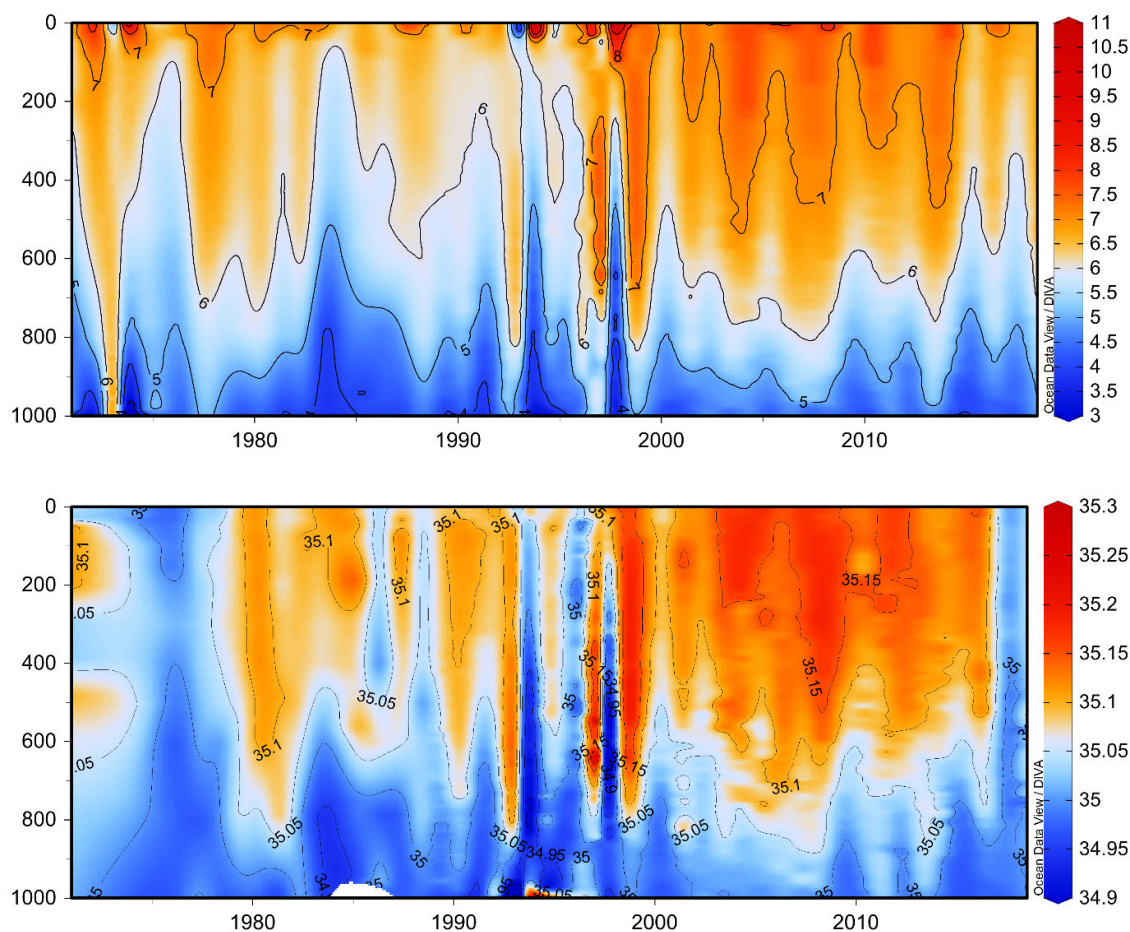
10.mynd. Ástand sjávar að haustlagi með tilliti til a) hita (°C) og b) seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland í október 2018.
 Figure 10. Environmental conditions in Icelandic waters in autumn a) temperature (°C) and b) salinity at 50 m depth in October 2018.

Í haustralli í október (10. mynd) var hiti í hlýsjónum sunnan og vestan lands áþekkur því sem var árið á undan og lítillega fyrir ofan langtíma meðaltal þessa árstíma en seltan var enn lág og langt undir meðaltali en hafði þó hækkað lítillega frá fyrra ári. Hiti efri sjávarlaga norðan og austan við landið var vel yfir meðallagi en selta rétt fyrir neðan.

Í megindráttum má segja að á árunum 2017 og 2018 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 hafði lækkað nokkuð frá fyrri árum.

LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

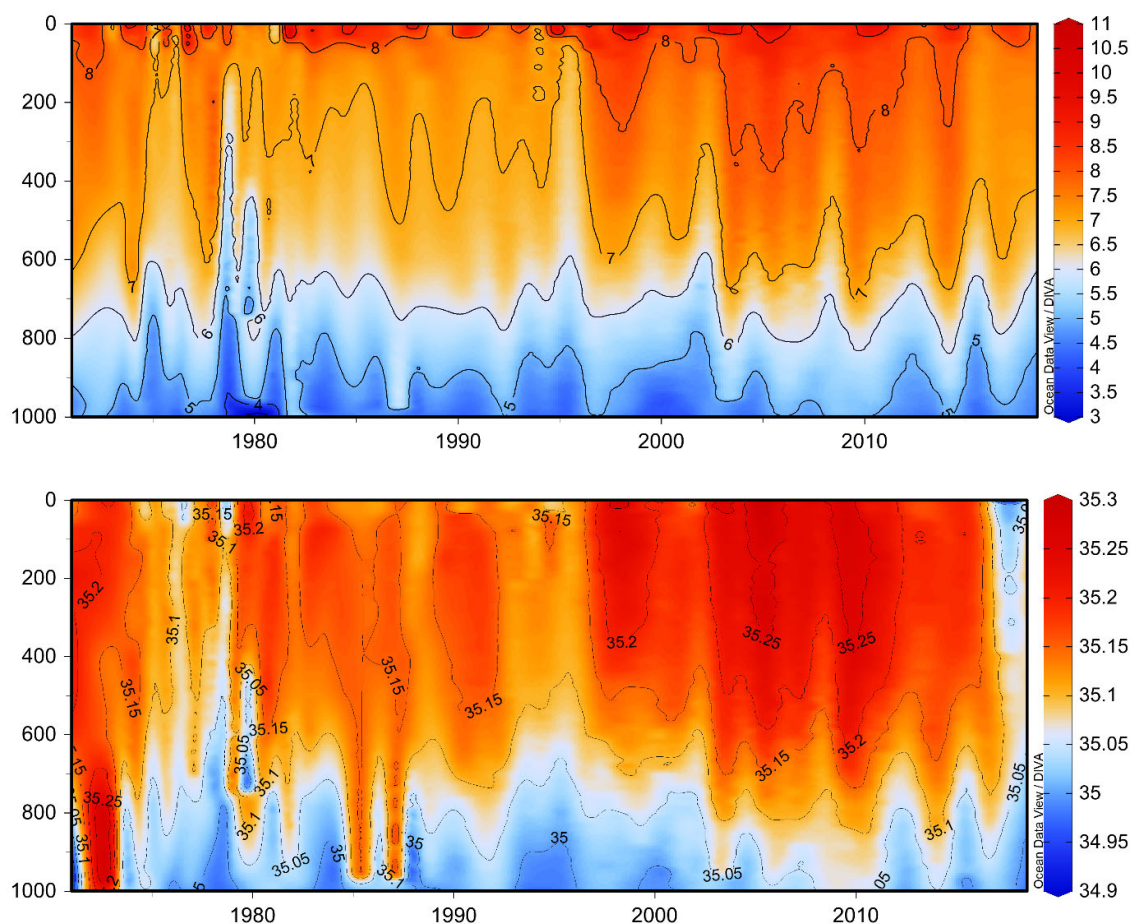
Endurteknar mælingar á hita og seltu sjávar á sama stað og árstíma (tímaraðir) sýna breytingar sem verða á sjógerðum og orkuskiptum lofts og lagar frá einu ári til annars og einu tímabili til annars.



11. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori á stöð FX9 á Faxaflóasniði (RE8 til 1983). Athuganir frá stöð 8 á Reykjanessniði (sem nú er aflagt) og stöð 9 á Faxaflóasniði eru tengdar saman í samfellda tímaröð. Báðar stöðvarnar eru staðsettar í kjarna Atlantssjávar sem flæðir til norðurs með landgrunnskanti vestur af Faxaflóa. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar en eftir það samfelldar mælingar.

Figure 11. 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 timeseries. 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 that continuous CTD observations.

Hiti og selta í hlýsjónum sunnan og vestan við landið fóru hækkandi eftir 1995 og þar til 2003 og 2004 (11. og 12. mynd) en þá mældist mesta útbreiðsla hlýsjávar umhverfis landið í 30 ár. Gildi lækkuðu lítillega 2005 eftir hafís rak inn á Norðurmið í lok veturs. Eftir árið 2005 voru hiti og selta í hlýja sjónum sunnan og vestan við land áfram vel yfir meðallagi en hiti hafði heldur lækkað frá árunum 2003 og 2004. Útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land var síðan heldur minni en þó um eða yfir meðalagi árin 2005 – 2007. Árin 2008 til 2010 jókst útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land einkum að sumrinu og yfirborðslög voru áberandi heitari en 2007. Árin 2011 til 2014 voru hiti og selta yfir meðallagi fyrir sunnan og vestan land höfðu þó lækkað frá fyrri áratug. Árið 2015 voru bæði hiti og selta lægri sunnan við land og vestan heldur en verið hafði næstu 20 árin þar á undan og hélt sú þróun áfram á árinu 2016.



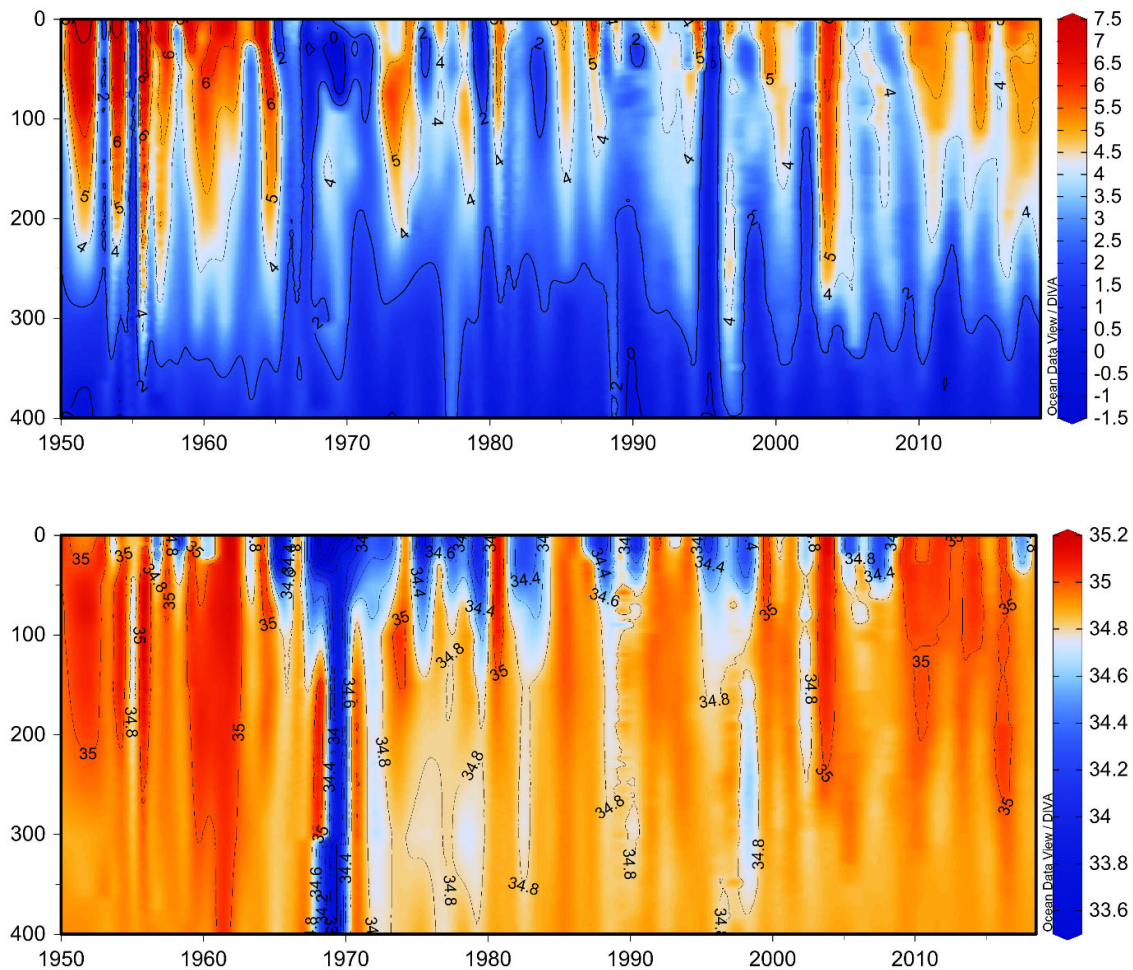
12. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori á stöð SB5 á Selvogsbankasniði. Fyrir 1990 eru notuð brúaðar punktmælingar en eftir það samfelldar mælingar.

Figure 12. Temperature (upper) and salinity (lower) in spring at station SB5 on Selvogsbanki section. Before 1990 observations are point measurements (water samplers) after that continuous 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, en samfelldar mælingar eru til frá því eftir 1970 eða frá því eftir hafísárin (1965-1971 sjá neðar).

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 (11. mynd og 12. 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, en hún 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 2018 og var þá orðin lægri en mælst hafði síðan 1996. Þessar breytingar á seltu hafa orðið víðar á Norður-Atlantshaf árin eftir 2010. Vorið 2015 varð veruleg lækkun á hita efri laga úti á Selvogsbanka líkt og vestur af landinu. Margt bendir til að veruleg lóðrétt blöndun hafi orðið á Labradorhafi og Grænlandshafi, á árunum 2012-2016, vegna þráláttra norðlægra og norðvestlægra vindátta (Holliday o.fl., 2020). Þessi sjór barst svo smám saman upp að sunnan- og vestanverðu landinu og kom fram sem veruleg kólnun efri sjávarlaga eða um 1°-2°C lækkun. Breytingar í hlýsjónum sunnan við landið skila sér oft í áhrifum á ástandi sjávar fyrir norðan land þegar lengra líður.

Hitastig og selta hafa verið mæld árlega að vori út af Siglunesi í yfir hálfa öld (13. mynd). Eftir hlýindaskeið 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 12. mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlýrri“ ár og „kaldari“ ár á Norðurmiðum. Þeim síðarnefndu hefur stundum verið skipt í pólsjávarár og svalsjávarár eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Svalsjávarár voru þau ár þegar lagskipting var tiltölulega veik að vori. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995.



13. mynd. Hiti (efri mynd) og selta (neðri mynd) að vori í vatnsúlunni á stöð SI3 á Siglunessniði úti fyrir Tröllaskaga. Fyrir 1990 eru notaðar brúaðar punktmælingar en eftir það samfelldar mælingar.

Figure 13. Temperature (upper) and salinity (lower) in spring at station SI3 on Siglunes section. Before 1990 observations are point measurements (water samplers) after that CTD observations.

Niðurstöður 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 á Norðurmiðum, sem dæmi eru um, með mikilli útbreiðslu hlýsjávar. Einkennandi fyrir áratuginn 2000 til 2010 var að hiti og selta efri laga að vori voru oftast yfir meðallagi en undir og að vetrarhiti og selta hafa verið yfir eða nærri meðallagi að frátöldu árinu 2002. Frá árinu 2010 hafa hiti og selta að vori alltaf verið fyrir ofan meðaltal úti fyrir miðju Norðurlandi og er það lengsta samfellda hlýja tímabil í áratugi auk þess sem breytileiki milli ára hefur verið lítill.

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 14. mynd má sjá tímaraðir

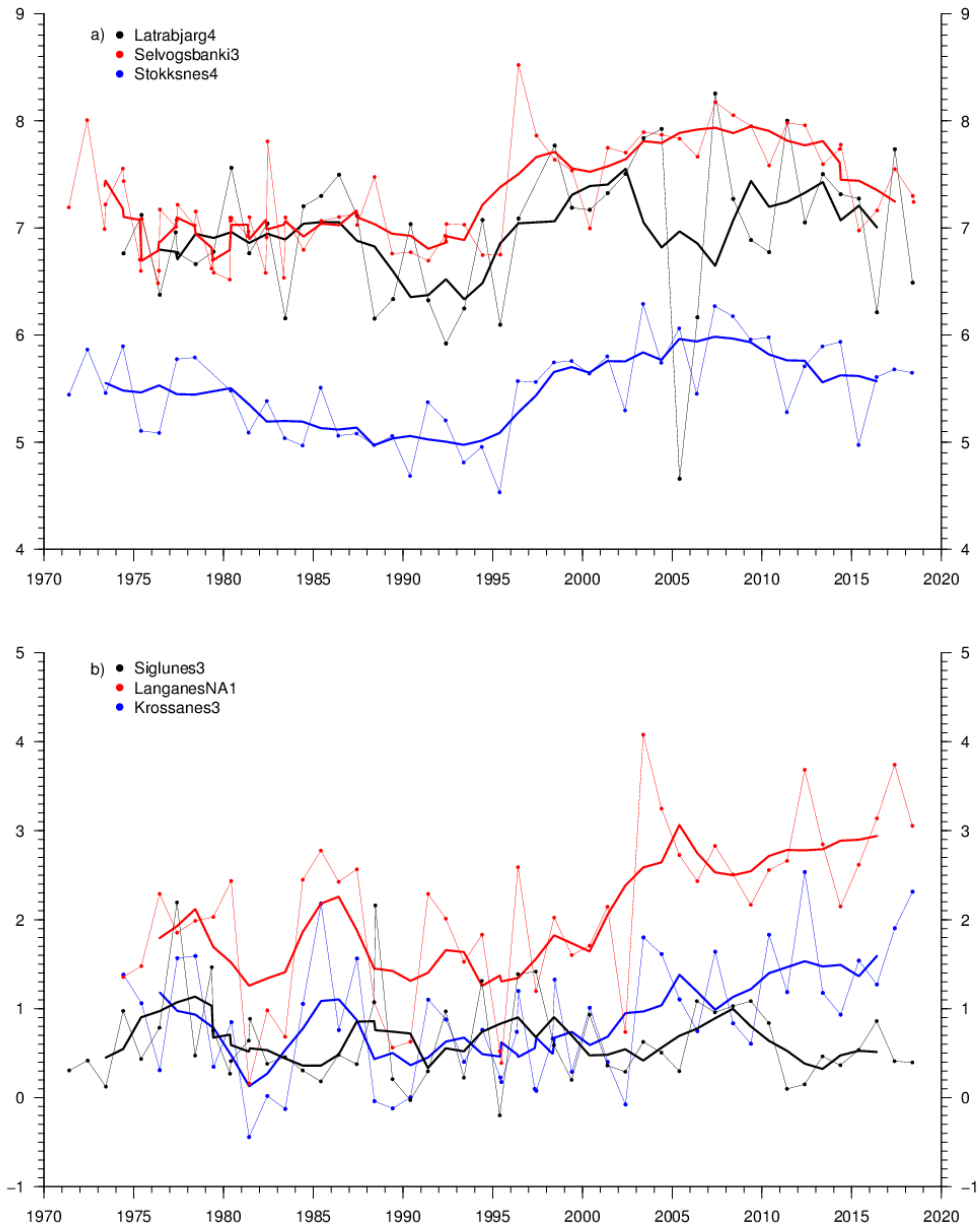
meðalhita úr vatnsúlunni nærri botni að vori á nokkrum mælistöðvum umhverfis landið allt frá árinu 1971. Myndin sýnir bæði langtíma hitafar og ársveiflu botnhitans. Tekið er meðaltal af jafndreifðum hitamælingum í vatnssúlunni 50 til 100 m yfir botni, 100 metrum ef botndýpi er meira en 300 m.

Botnhiti á landgrunninu er yfirleitt lægstur í febrúar-mars og hæstur í ágúst-september eða síðar á árinu. Árssveifla er mest þar sem grynst er við landið, en minnkar með vaxandi dýpi. Utan við landgrunnsbrúnina norðan og austan lands er botnhiti jafnan undir 0°C (djúpsjór Norðurhafa). Úti fyrir miðju Norðurlandi (í Eyjafjarðarál, dýpi allt að 700 m) nær kaldur djúpsjórinn langt inn að landi en állinn skiptir norðurmiðum í vestari og eystri hluta. Í landgrunnshlíðunum sunnan og vestan lands fer botnhiti einnig lækkandi með vaxandi dýpi, en þó fer hann ekki mikið niður fyrir 4°C.

Dýpi mælistöðva á 14. mynd er mismunandi. Þykka línan sýnir hlaupandi meðaltal 5 ára og þannig breytingar á hitafari við botn til lengri tíma. Stöð 4 á Stokksnessniði (Stokksnes 4) er við landgrunnsbrún nærri hitaskilunum suðaustanlands sem skýrir skammtímabreytingar botnhita líkt og átti sér stað 2005 er kaldur sjór barst til vesturs eftir landgrunninu að vori í fáar vikur.

Stöðvarnar sunnanlands og vestan sýna að hiti yfir botni hefur haldist hár í tvo áratugi. Hlýindi við botn á þessum slóðum héldu áfram í stórum dráttum árin 2017 og 2018 þó að hitinn hafi farið heldur lækkandi sem var takti við breytingar í hlýsjónum í efri lögum sunnan og vestan landsins.

Fyrir norðan land eru hitabreytingar við botn tiltölulega litlar innar ársins á stöð 3 á Siglunessniði (Siglunes 3) þar sem botndýpi er meira en á hinum stöðvunum sem sýndar eru á 13. mynd b. Merkja má hærri botnhita á landgrunninu norðaustan og austanlands með mælingum frá á stöð 1 á Langanesi NA og stöð 3 á Krossanesi á síðustu árum.



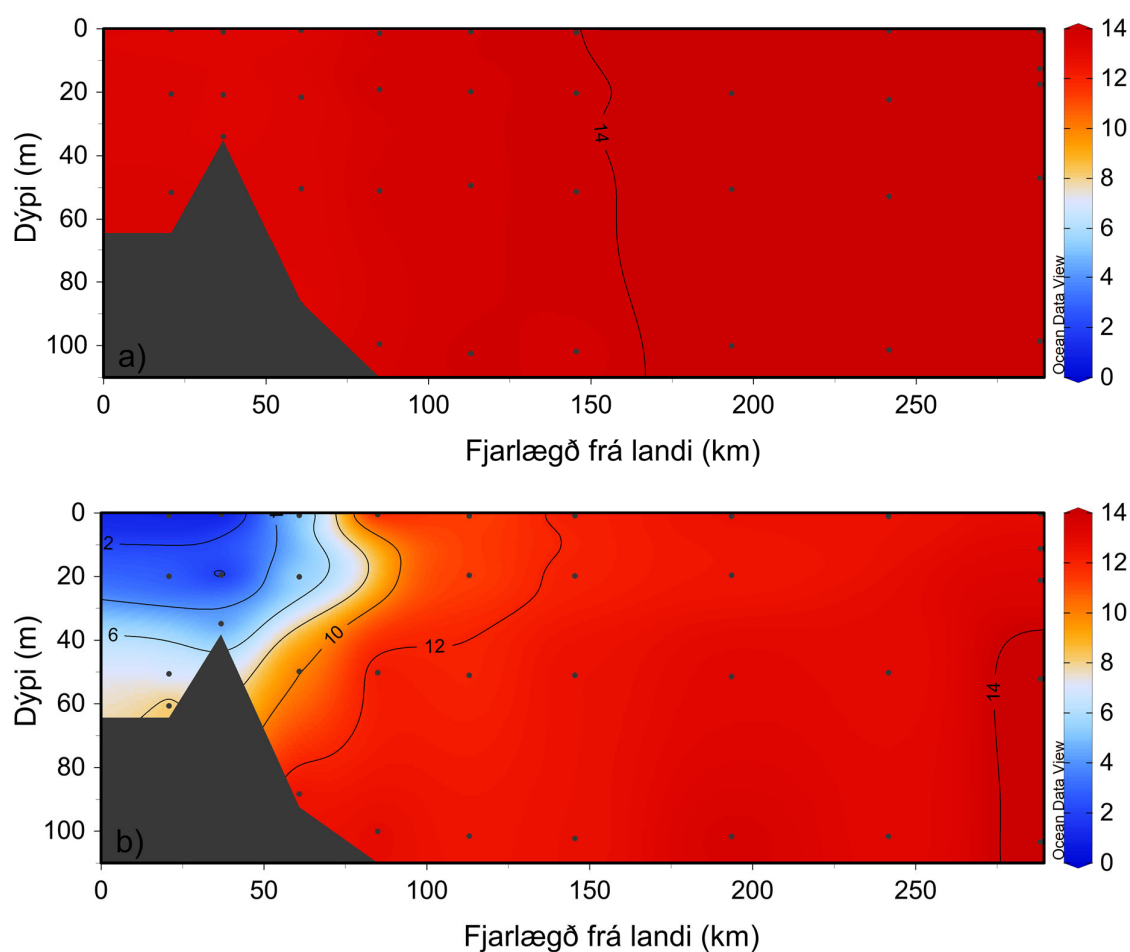
14. mynd. Botnhiti á völdum stöðvum umhverfis landið að vori (sjá 1. mynd). Tekið er meðaltal af 50-100 m vatnssúlu yfir botni og þannig fengin tímaröð af nánast ársfjórðungslegum mælingum (þunn lína). Einnig er sýnd þykk lína fyrir 5 ára keðjumeðaltal. Gildi frá árunum fyrir 1990 eru meðaltal línulega brúaðra óreglulegra punktmælinga (sjótaka). Gildi frá árunum eftir 1990 eru meðaltal samfelldra mælinga eftir dýpi (síríta). a) Botnhiti á stöðvum sunnan og vestan við landið. Stokksnes4 (botndýpi um 540 m), Selvogsbanka3 (botndýpi um 150 m) og Látrabjarg4 (botndýpi um 180 m). b) Botnhiti á stöðvum norðan og austan við land. Siglunes3 (botndýpi um 470 m), Langanes NA1 (botndýpi um 190 m) og Krossanes3 (botndýpi um 210 m).

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

NÆRINGAREFNI / NUTRIENTS

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2017 / RESULTS FROM 2017

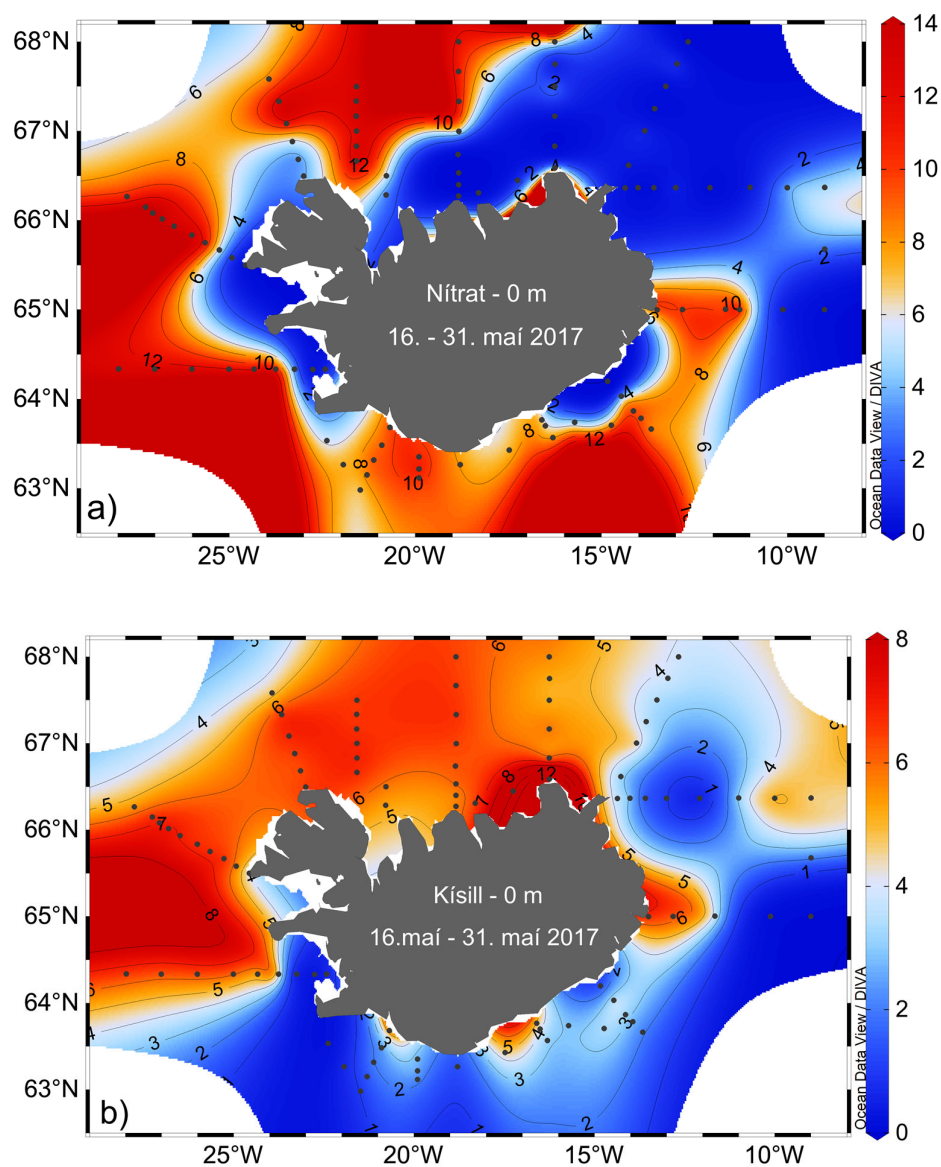
Styrkur næringarefna var kannaður í maí á hafsvæðinu umhverfis Ísland og einnig var gerð mæling á völdum rannsóknasniðum (15. mynd) í febrúar. Styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar breytist reglulega með árstíma. Árlegt hámark er síðla vetrar þegar lóðrétt blöndun sjávarins nær langt niður í vatnssúluna og færir uppleyst næringarefni til yfirborðsins. Styrkur uppleystra næringarefna nærri yfirborði lækkar að vori þegar svifþörungur fara að vaxa.



15. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Faxaflóasniði í a) febrúar 2017 og b) maí 2017.

Figure 15. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) on the Faxaflói section a) February 2017 and b) May 2017.

Styrkur nitrats í efstu 100 metrunum á Faxaflóasniði síðla febrúar 2017 er sýndur á 15. mynd a. Nítratstyrkur var lítið lægri nær landi heldur en á ystu stöðvunum og var að meðaltali $13,4 \mu\text{mol L}^{-1}$ 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 15. mynd b er sýndur nítratstyrkur á sömu stöðvum í maí. Lækkun hafði orðið á nítratstyrk á stöðvum 1 – 4 vegna frumframleiðni sú lækkun var þó mest nærri landi en á ytri stöðvunum voru gildin nær óbreytt frá því sem mældist í febrúar.

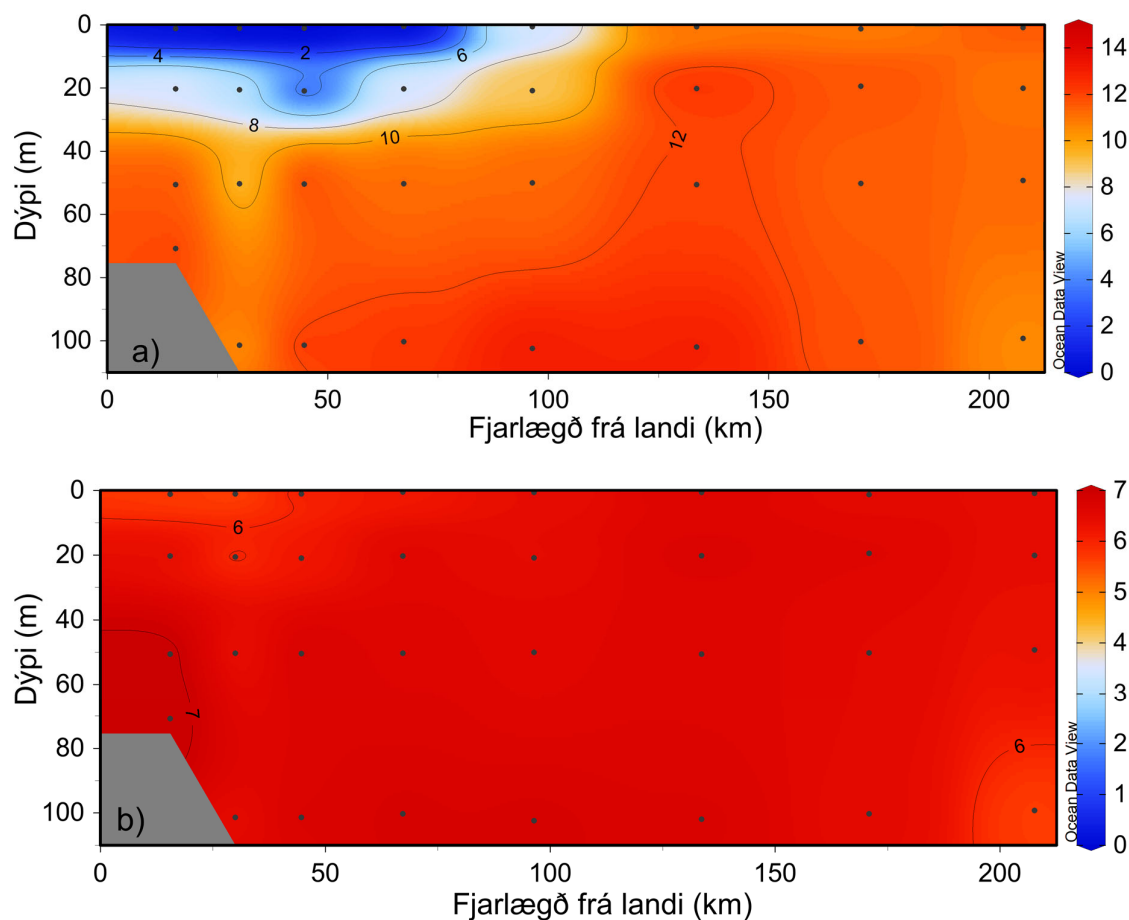


16. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland í seinni hluta maí 2017, a) nítrat (NO_3 , $\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísill (Si , $\mu\text{mol L}^{-1}$).

Figure 16. Nutrient concentrations at the surface in Icelandic waters in late May 2017 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 16. – 31. maí 2017, er sýnd á 16. mynd. Víða á grunnsævi hafði styrkur nítrats lækkað verulega frá vetrargildum. Styrkur næringarefna við yfirborð innarlega í Faxaflóa var lágur en djúpt úti af flóanum og utan við landgrunnsbrún var styrkurinn nær óbreyttur frá vetrargildum. Vestur af landinu hafði styrkur næringarefna lækkað lítillega næst landi en vorblómi svifþörungna var ekki afstaðinn þar. Úti fyrir Norðurlandi og austur fyrir Langanes var styrkur nítrats í efstu metrum sjávar orðinn mjög lágur og ljóst að mikill blómi svifþörungna hafði þegar orðið á þeim slóðum. Sambærileg lækkun í styrk kísils mældist ekki. Austan lands og sunnan hafði einnig orðið töluverð lækkun á styrknum en þar var þó enn til staðar köfnunarefni sem gat staðið undir miklum vexti svifþörungna til viðbótar (16. mynd).

Dreifing nítrats og kísils með dýpi á Siglunessniði í maí er sýnd á 17. mynd. Mikið hafði gengið á vetrarforða nítrats á grynnsu stöðvunum á sniðinu og náði styrklækkunin niður fyrir 30 metra dýpi styrkur kísils hafði ekki lækkað að sama skapi. Lítið hafði gengið á vetrarforða næringarefna á ystu stöðvunum á sniðinu.

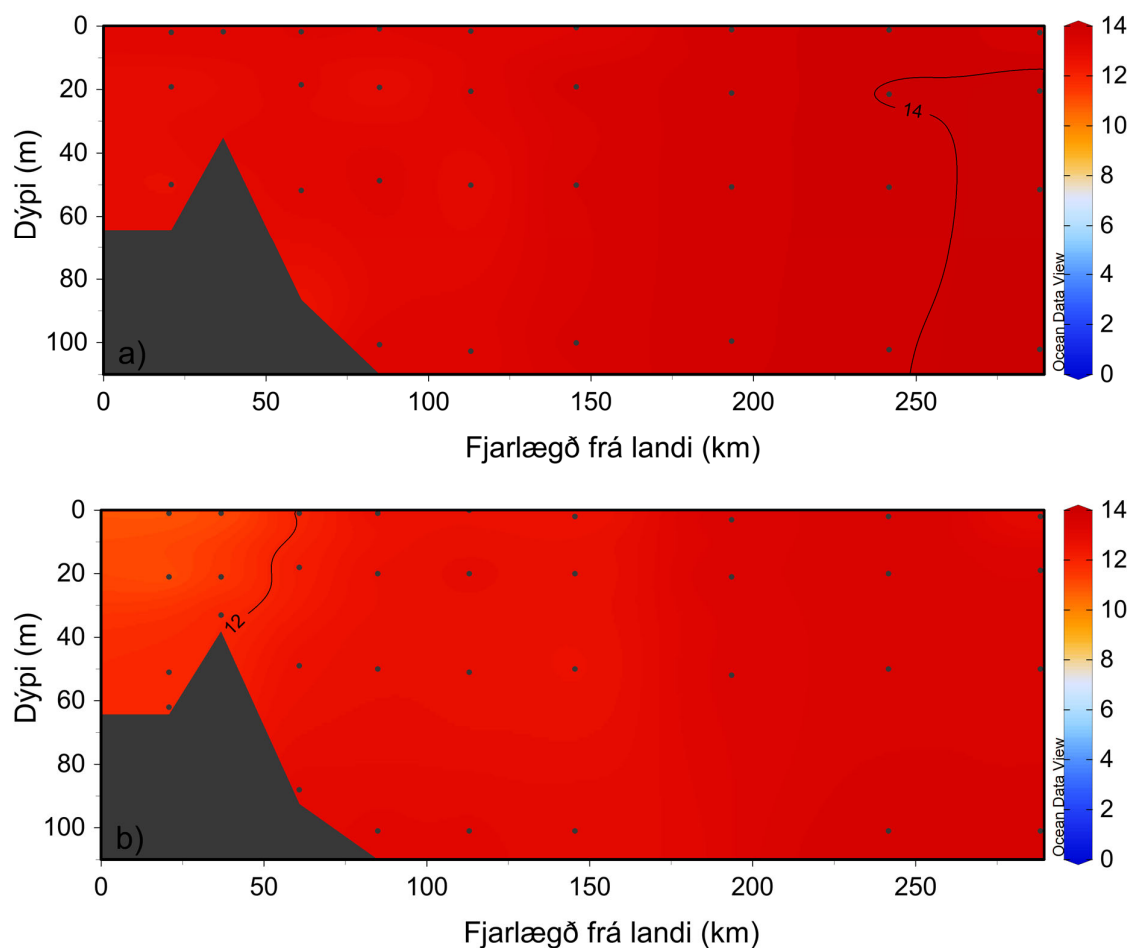


17. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísils ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Siglunessniði í maí 2017.

Figure 17. Vertical profiles of a) nitrate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) and b) silicate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) on the Siglunes section in May 2017.

NIÐURSTÖÐUR RANNSÓKNA 2018 / RESULTS FROM 2018

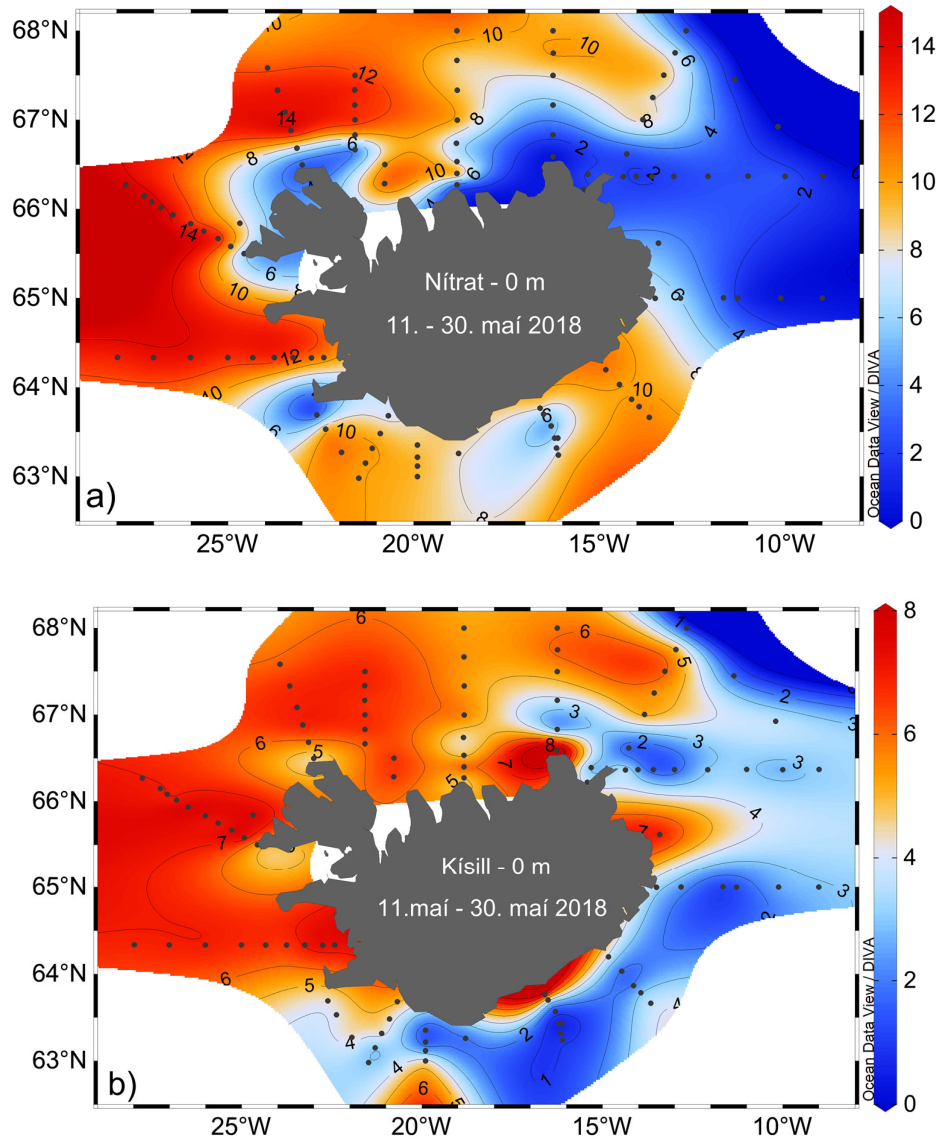
Styrkur næringarefna var kannaður í maí á hafsvæðinu umhverfis Ísland og einnig var gerð mæling á völdum rannsóknasniðum (18. mynd) í febrúar. Styrkur nítrats í efstu 100 metrunum á Faxaflóasniði í febrúar 2018 er sýndur á 18. mynd a. Nítratstyrkur var lítið lægri nær landi heldur en á ystu stöðvunum og var að meðaltali $13,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ á stöðvum 1 – 3.



18. mynd. Lóðrétt dreifing nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Faxaflóasniði a) febrúar 2018 og b) maí 2018.

Figure 18. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) on the Faxaflói section a) February 2018 and b) May 2018.

Yst á sniðinu var styrkurinn $14,0 \mu\text{mol L}^{-1}$ í efstu 200 metrunum á stöðvum 8 - 9. Á 18. mynd b er sýndur nítratstyrkur á sömu stöðvum í maí. Einungis hafði orðið lítilsháttar lækun á nítratstyrk á innstu stöðvum á sniðinu vegna frumframleiðni en annars staðar voru gildin nær óbreytt frá því sem mældist í febrúar. Óvenjulegt er að styrkurinn sé svo hár á þessum árstíma.



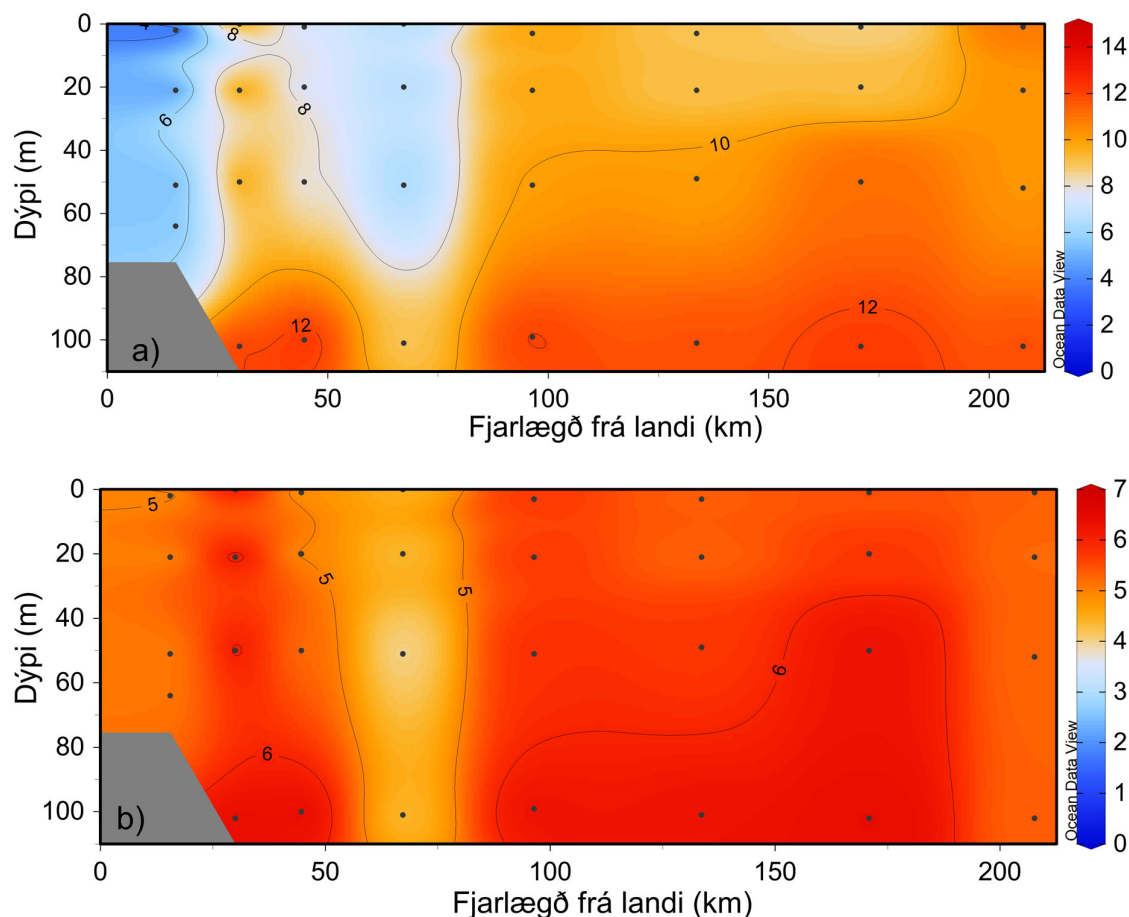
19. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland seint í maí 2018, a) nítrat (NO_3 , $\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísill (Si , $\mu\text{mol L}^{-1}$).

Figure 19. Nutrient concentrations at the surface in Icelandic waters in late May 2018 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 síðla maí 2018, er sýnd á 19. mynd. Frá Faxaflóa og vestur fyrir land hafði óveruleg lækkun orðið á styrk næringarefna frá vetrargildum að undanteknum allra grynstu stöðvunum úti fyrir Vestfjörðum. Lagskipting í styrk næringarefna yfir landgrunninu var einkum norð-austan og austan lands. Styrkur næringarefna við yfirborð í Faxaflóa var mjög hár miðað við árstíma. Úti fyrir Norðurlandi og austur fyrir Langanes var styrkur næringarefna í efstu metrum sjávar orðinn lágur og ljóst að blómi svifþörunga 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 svifpörunga til viðbótar (19. mynd).

Dreifing nítrats og kísils með dýpi á Siglunessniði í maí er sýnd á 20. mynd. All nokkuð hafði gengið á vetrarforða næringarefna innst á sniðinu en breytilegt var milli stöðva hve langt vorblóminn var kominn. Styrklækkunin náði niður fyrir 50 metra dýpi innst á sniðinu en lítið hafði gengið á vetrarforða næringarefna á ystu stöðvunum á sniðinu.



20. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ($\mu\text{mol L}^{-1}$) og b) kísils ($\mu\text{mol L}^{-1}$) á Siglunessniði síðla maí 2018.

Figure 20. Vertical profiles of a) nitrate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) and b) silicate ($\mu\text{mol L}^{-1}$) on the Siglunes section in late May 2018.

LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

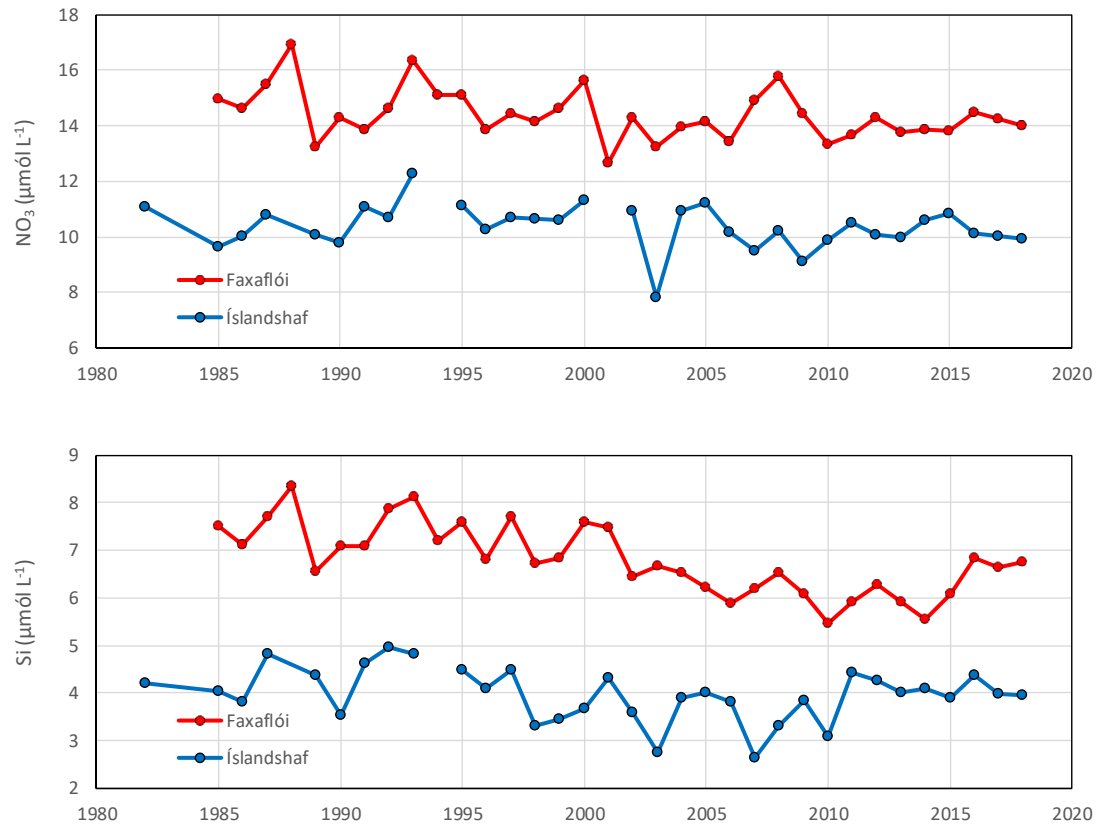
Reglubundnar rannsóknir á næringarefnum á öllu íslenska hafsvæðinu hafa einungis verið gerðar á vorin, í tengslum við rannsóknir á plöntusvifi og framleiðni, en einnig eru gerðar ársfjórðungslegar mælingar á tveimur stöðum, öðrum í hlýsjó vestur af landinu (FX9) og hinum í köldum sjó fyrir norðaustan land (LN6). Til að meta á langtímbreytingar 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 og 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 framleiðnigetu svæðisins, en framleiðnigeta ræðst þó af einnig af mörgum öðrum þáttum. Næringarefni berast yfirborðslaginu eftir mörgum leiðum svo sem við lóðréttu blöndun, vegna hreyfingar sjávar, með blöndun vegna vinda og blöndun yfir hitaskiptalagið. Á norðlægum slóðum er lóðréttu 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 1985-2018 á styrk nítrats og kísils að vetrarlagi í stöð 9 á Faxaflóa og stöð 6 á Langanesi N-Austur frá 1982-2018 eru sýndar á 21. 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 sem gerðar eru á tímabilinu frá janúar til mars ár hvert.

Í Íslandshafi er vetrarstyrkur næringarefna lægri en í hlýsjónum sunnan lands og vestan. Vetrarstyrkur nítrats 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 nítratgildin eru á bilinu 12,7 -17,0 $\mu\text{mól L}^{-1}$ og kísilstyrkur frá 5,5 – 8,4 $\mu\text{mól L}^{-1}$. Áberandi er sú breyting á kísilstyrk í hlýsjónum sem varð árið 2002 og tengist breytingum á hita og seltu sjávarins. Þar lækkaði vetrarstyrkur kísils um fjórðung og þar með sá forði kísils sem kísilþörungar hafa úr að spila í komandi vorblóma. Frá árinu 2014 hefur vetrarstyrkur kísils í hlýsjónum hækkað og var nærri langtímameðaltali á árunum 2017 og 2018.



21. Styrkur nitrats og kísils við yfirborð að vetrarlagi á stöð 9 á Faxaflóa á tímabilinu 1985-2018 og stöð 6 á Langanesi N-Austur á tímabilinu 1982-2018.

Figure 21. Wintertime nutrient concentrations in the surface layer on station 9 on Faxaflói section from 1985-2018 and on station 6 on Langanes N-East section from 1982-2018.

HEIMILDIR / REFERENCES

González-Pola, C., Larsen, K. M. H., Fratantoni, P., and Beszczynska-Möller, A. (Eds.) (2019). *ICES Report on Ocean Climate 2018*. ICES Cooperative Research Report No. 349. 122 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.546> (ICES Report on Ocean Climate).

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.

Holliday, N.P., Bersch, M., Berx, B. et al. Ocean circulation causes the largest freshening event for 120 years in eastern subpolar North Atlantic. *Nat Commun* 11, 585 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14474-y>

Våge, Kjetil, Robert S. Pickart, Michael A. Spall, G.W.K. Moore, Hedinn Valdimarsson, Daniel J. Torres, Svetlana Y. Erofeeva, Jan Even Ö. Nilsen. (2013). Revised circulation scheme north of the Denmark Strait. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, Volume 79, 2013.



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna