

Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit nr. 122

Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland

Nutrient concentrations in Icelandic waters

Sólveig R. Ólafsdóttir
Hafrannsóknastofnuninni

Reykjavík 2006



EFNISYFIRLIT*CONTENT*

	Bls./Page
Ágrip/ <i>Abstract</i>	5
Inngangur/ <i>Introduction</i>	7
Efniviður og aðferðir/ <i>Material and methods</i>	9
Niðurstöður/ <i>Results</i>	11
Lárétt dreifing/ <i>horizontal distribution</i>	11
Lóðrétt dreifing/ <i>vertical distribution</i>	17
Umræður/ <i>Discussion</i>	18
Þakkir/ <i>Acknowledgements</i>	23
Heimildir/ <i>References</i>	23

ÁGRIP

Sólveig R. Ólafsdóttir 2006. Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 122, 24 s.

Styrkur næringarefna var mældur ársfjórðungslega í hafinu umhverfis Ísland árið 2002. Greinilegur munur var á vetrarstyrk næringarefna milli hlýsjávarins sunnan og vestan landsins annars vegar og kalda sjávarins fyrir norðan og austan hins vegar. Styrkur nítrats var tæplega $14 \mu\text{mol l}^{-1}$ í hlýsjónum en um $12 \mu\text{mol l}^{-1}$ í kalda sjónum. Fosfat var $0,9 \mu\text{mol l}^{-1}$ í hlýsjónum en $0,7 \mu\text{mol l}^{-1}$ í kalda sjónum og sömuleiðis var kísill um $6,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ í hlýsjónum en tæplega $5 \mu\text{mol l}^{-1}$ í kalda sjónum. Að vorinu á sér stað hröð upptaka næringarefna í yfiorðssjó um leið og skilyrði verða fyrir blóma svifþörungum, yfirleitt lækkar styrkur næringarefna fyrst næst landi. Í ágúst var styrkur næringarefnanna einsleitur og lágur á stórum svæðum, en úti fyrir Suðausturlandi og djúpt vestur af landinu var þó nokkuð af næringarefnum og styrkur nítrats 2 - 4 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Hlutföll nítrats og fosfats voru á bilinu 16,0-17,3 eftir svæðum við landið, hæst þar sem blöndunar við pólsjó gætir. Hlutföll nítrats og kísils eru mjög breytileg eftir svæðum.

ABSTRACT

Sólveig R. Ólafsdóttir 2006. Nutrient concentrations in Icelandic waters. Marine Research Institute, Report 122, 24 pp.

Nutrient concentrations were measured quarterly in Icelandic waters in 2002. Nutrient concentrations in winter showed differences between the Atlantic waters south and west of Iceland and the Arctic waters north and east of Iceland. Nitrate concentration was around $14 \mu\text{mol l}^{-1}$ in the Atlantic water but about $12 \mu\text{mol l}^{-1}$ in the Arctic water. Phosphate was $0.9 \mu\text{mol l}^{-1}$ in the Atlantic water but $0.7 \mu\text{mol l}^{-1}$ in the Arctic water and silicate was about $6.5 \mu\text{mol l}^{-1}$ in the Atlantic water but a little less than $5 \mu\text{mol l}^{-1}$ in the Arctic water. During phytoplankton spring bloom the concentration of nutrients changed rapidly in the surface layer. The onset of nutrients utilization in spring began in shallow and coastal waters. In August the nutrient concentrations were low and mostly uniform in large areas, but off the South-eastern coast as well as off the shelf west of Iceland, relatively high concentrations were found with nitrate concentration of 2 - 4 $\mu\text{mol l}^{-1}$. The nitrate:phosphate ratio ranged from 16.0 to 17.3, differing from one area to another, highest where mixing with Polar water was observed. The nitrate:silicate ratio was highly variable.



INNGANGUR / INTRODUCTION

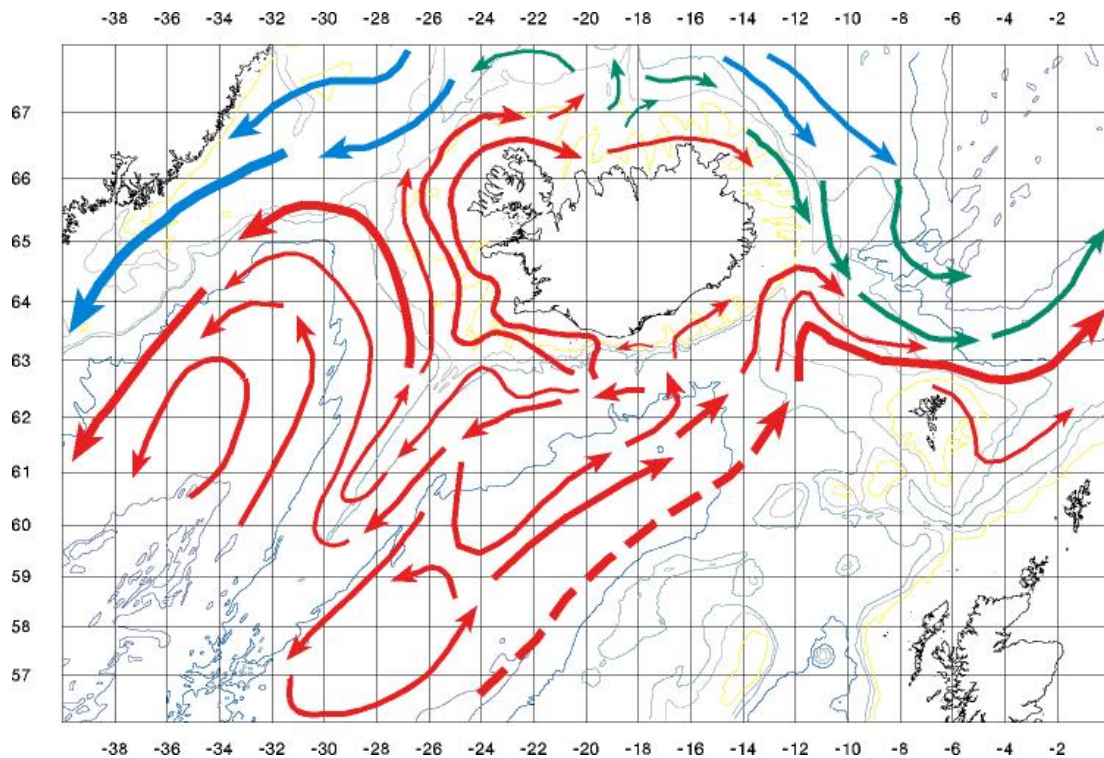
Á kaldtempruðum svæðum breytist styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar reglulega með árstíma og er það afleiðing af bæði lífrænum og eðlisfræðilegum ferlum. Rannsóknir á næringarefnum í sjó tengjast gjarnan rannsóknum á framleiðnigetu svæða þar sem framboð næringarefna hefur áhrif á frumframleiðni á ári hverju og skortur á næringarefnum er oft takmarkandi fyrir frumframleiðni.

Reglubundnar rannsóknir á næringarefnum á öllu íslenska hafsvæðinu hafa einungis farið fram á vorin, í tengslum við rannsóknir á plöntusvifi og framleiðni. Einnig eru næringarefni mæld ársfjórðungslega á tveimur stöðum, öðrum í hlýsjó vestur af landinu og hinum í köldum sjó fyrir norðaustan land. Fram að þessu hefur einungis einu sinni, árið 1991, verið gerð athugun á styrk næringarefna að vetrarlagi sem nær til hluta landgrunnsins í kringum Ísland. Til eru gögn um næringarefnastyrk síðsumars frá árunum 1993 og 1994 þegar sýnum var safnað í ágúst allt í kringum landið. Til að meta á langtímabreytingar á styrk næringarefna er best að nota gögn úr leiðöngrum 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. Markmið þessarar rannsóknar er að lýsa breytingum á næringarefnastyrk á milli árstíma á íslenska hafsvæðinu og mismuninum milli svæða umhverfis landið.

Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson (1991) gerðu grein fyrir dreifingu næringarefna að vori í sjó við Ísland. Þar kemur fram að mikill munur er á hlýsjónum sunnan og vestan landsins annars vegar og kalda sjónum fyrir norðan og austan hins vegar. Styrkur næringarefna á íslenska landgrunninu er aðallega háður styrk þeirra í þeim sjó sem berst inn á svæðið að utan (1. mynd) nema nálægt ströndum þar sem ferskvatnsblöndunar gætir (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991).

Dýpt blandaða lagsins við yfirborð er mest um hávetur en minnkar síðan að vori þegar hita-skiptalag myndast, eða þar sem sjór með lága seltu flæðir yfir eðlisþyngri og saltari sjó. Samhengi er á milli vetrarstyrks næringarefna í yfirborðslögum og dýptar blandaða lagsins að vetrarlagi þar sem aukin lóðrétt blöndun að vetrarlagi gefur hærri styrk næringarefna í yfirborðslögum (Jón Ólafsson, 2003). Slíkt sam-



1. mynd. Straumakerfið við yfirborð umhverfis Ísland, rauðar örvar: Atlantssjór, bláar örvar: Pólsjór, grænar örvar: blandaður sjór. Mynd: Héðinn Valdimarsson og Svend-Aage Malmberg, (1999).

Figure 1. Surface circulation in Icelandic waters, red arrows: Atlantic water, blue arrows: Polar water, green arrows: mixed water. From Héðinn Valdimarsson and Svend-Aage Malmberg, 1999.

band er mun sterkara fyrir norðan en í hlýsýjónum sunnan og vestan landsins. Þannig ráða aðstæður að vetrarlagi miklu um styrk næringarefna að vorlagi og hafa þannig áhrif á framleiðni getu svæðisins, en framleiðni geta ræðst þó af fleiru. Næringarefni berast yfirborðslaginu eftir mörgum leiðum svo sem við lóðréttra blöndun, vegna hreyfingar sjávar, með blöndun vegna vinda, blöndun yfir hitaskiptalagið og með andrúmsloftinu (Louanchi og Najjar, 2001). Á norðlægum slóðum er lóðrétta blöndunin langmikilvægasta ferlið (Koeve, 2001). Á vorin skapast skilyrði fyrir blóma svifþörungum þegar ljósmagn eykst og lagskipting verður í yfirborði sjávar (Þórunn Þórðardóttir, 1986), þá haldast svifþörungarnir í yfirborðslaginu og fjölga sér þar mjög ört, nýta uppleyst næringarefni og einnig önnur snefilefni eins og járn til vaxtar og mynda þannig lífrænt efni. Ef árleg framleiðni plöntusvifs á lífrænu efni takmarkast af ólífrænum næringarefnum, ætti hún því að vera háð því magni næringarefna sem berast til yfirborðslagsins. Mæld heildarframleiðni plöntusvifs á ári er hins vegar oft umtalsvert hærri en þessu nemur vegna þess að næringarefni sem endurnýjast úr lífrænu efni eru notuð aftur til frekari framleiðni. Dugdale og Goering (1967) skilgreindu mismuninn á mældri heildarframleiðni og þeirri framleiðni sem nemur næringarefnaforðanum sem endurnýttá framleiðni (recycled production) og framleiðnina sem rekja má til ólífrænna næringarefna sem berast yfirborðslaginu vegna blöndunar er kölluð nýframleiðni (new production). Frumframleiðni í Faxaflóa hefst snemma vors næst landi vegna lagskiptingar af völdum seltulækkunar vegna afrennslis (Þórunn Þórðardóttir og Unnsteinn Stefánsson, 1977) en fjarri landi þar sem ferskvatnsáhrifa gætir ekki verður lagskipting af völdum upphitunar á yfirborðslögum vegna sólargeisunar. Í samræmi við það er styrkur næringarefna í hámarki í lok vetrar og minnkar svo ört að vorlagi við upphaf frumframleiðninnar. Styrkurinn helst síðan alla jafna lágur þar til um haustið þegar minnkandi ljósmagn fer að hægja á frumframleiðninni. Næringarefni komast þá aftur í upplausn við niðurbrot lífrænna efna. Þessi endurnýjun bætist við aukna dýpt blandaða lagsins að hausti svo að í lok vetrar er styrkur næringarefnanna af svipaðri stærðargráðu og hann var áður en frumframleiðni hófst vorið á undan.

Styrkur nítrats og fosfats ($[\text{NO}_3]$ og $[\text{PO}_4]$) í sjó eykst og minnkar að jafnaði í réttum hlutföllum, og er hlutfallið nálægt 16:1. Þetta stafar af því að hlutfall frumefnanna köfnunarefnis (N) og fosfórs (P) í agnabundnu lífrænu efni (lifandi eða dauðum lífverum) í sjó er líka 16:1 (Redfield, 1934, Copin-Montegut og Copin-Montegut, 1983) og vegna þess að ólífrænt N og P losna á mjög líkum hraða úr rotnandi lífrænu efni (Takahashi *et al.*, 1985b). Hin sterku línulegu tengsl milli $[\text{NO}_3]$ og $[\text{PO}_4]$ eiga sér þannig stað vegna þess að ljóstíllifun og niðurbrot valda breytingum á styrk beggja efnanna, sem lýsa má með línu með hallatölu nálægt 16:1, en valda ekki miklum frávikum frá henni. Blöndun yfirborðssjávar og djúpsjávar veldur einnig styrkbreytingum í þessum sömu hlutföllum.

Ammóníak (NH_4) er mest afoxaða form uppleysts ólífræns köfnunarefnis, og það er yfirleitt ekki til staðar í háum styrk í súrefnisríkum sjó, því að ammóníak er mun óstöðugra efna-samband en nítrat. Plöntusvif tekur að jafnaði ammóníak frekar upp heldur en nítrat því að það kostar minni orku að nýta köfnunarefni bundið í ammóníaki (Dugdale og Wilkerson, 1998). Búast má við að línuleg fylgni $[\text{NO}_3]+[\text{NH}_4]$ á móti $[\text{PO}_4]$ sé jafnvel enn betri en $[\text{NO}_3]$ og $[\text{PO}_4]$ (Tyrrell og Lucas, 2002). Uppleystur kísill (Si) er nær eingöngu til staðar í sjó sem kísilsýra á forminu $\text{Si}(\text{OH})_4$. Það eru nánast eingöngu kísilþörungar sem nýta kísil, til að byggja upp kísilskeljar, svo að styrkbreytingar á kísli endurspeglar einungis viðurvist og magn kísilþörungum en ekki heildarmagn plöntusvifs nema þegar eingöngu kísilþörungar eru til staðar. Skortur á kísli setur hömlur á vöxt kísilþörungum en þeir eru taldir hafa mikil áhrif á flutning kol-efnis úr yfirborðslögum (Dugdale og Goering, 1967, Louanchi og Najjar, 2001), þar sem kísilþörungar eru að jafnaði stórir og sökkva því hratt og flytja þannig lífrænt efni niður í djúpið. Talið er að sé kísilstyrkur meiri en $2 \mu\text{mol l}^{-1}$ verði kísilþörungar ráðandi í svifinu (Egge og Asknes, 1992) en að lægri styrkur kísils geri kísilþörungum síður samkeppnishæfa. Kísilþörungar eru taldir vera sá hópur þörungum sem fyrst blómstrar á vorin á norðlægum breiddargráðum. Nítrat er almennt talið vera það næringarefni sem takmarkar frumframleiðni í sjó, þar sem yfirleitt er leif af fosfati þegar nítratið er allt uppuríð. Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson (1991) komust að því að slík leif er að jafnaði af

fosfati í köldum sjó við Ísland en í Atlantssjó ganga bæði þessi efnasambönd til þurrðar í yfirborðslaginu á sumrin.

Ísland er staðsett þar sem tveir miklir neðan-sjávarhryggir, Mið-Atlantshafshryggurinn og Grænlands-Skotlandshryggurinn, mætast (1. mynd). Þessir hryggir hafa mikil áhrif á hafstrauma og dreifingu sjógerða við Ísland. Grænlands-Skotlandshryggurinn hefur sér í lagi mikil áhrif þar sem hann heftir flæði milli hlýs sjávar úr Norður-Atlantshafi og kalds djúpsjávar úr Íslandshafi og Noregshafi. Því eru á Íslandsmiðum sterk skil milli hlýsjávar úr suðri og kaldsjávar úr norðri. Grein úr Golfstrauminum (North Atlantic Current) flytur heitan og saltan sjó upp að suður- og vesturströnd Íslands (Héðinn Valdimarsson og Svend-Aage Malmberg, 1999, Unnsteinn Stefánsson 1962). Vestur af landinu skiptist þessi straumur í tvo þætti, annar fer til vesturs en hinn, sem er minni, streymir norður með Vestfjörðum og inn á landgrunnið fyrir norðan land. Þar blandast þessi hlýi sjór köldum sjó sem kemur úr norðri. Austur-Grænlandsstraumur flytur kaldan og seltulítinn sjó suður Grænlandssund vestanvert. Á svæðinu milli Íslands og Jan Mayen er hringstraumur og úr honum kemur sjór inn í Austur-Íslandsstrauminn sem streymir í suðaustur meðfram

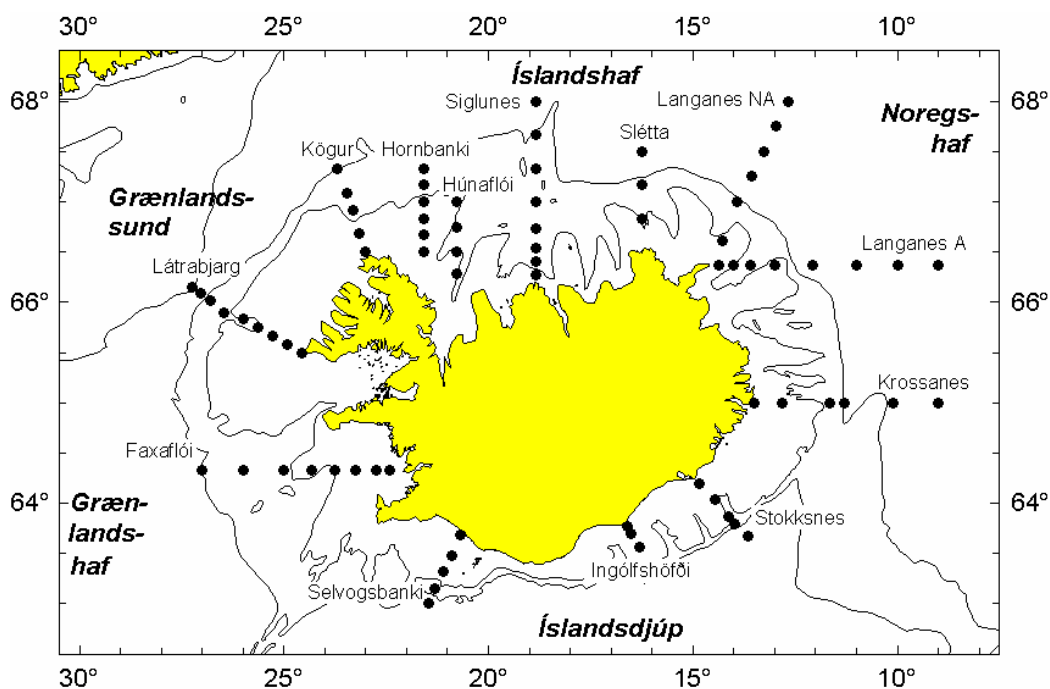
landgrunnsbrúninni norðan við Ísland og svo í suður meðfram landgrunnsbrúninni fyrir austan land (Perkins et al., 1998). Einnig blandast Austur-Íslandsstraumurinn sjór af landgrunninu fyrir norðan land. Við hrygginn milli Ísland og Færeyja mætast svo Austur-Íslandsstraumurinn og Golfstraumurinn úr suðri og myndast þar skil sem liggja í suðaustur frá landgrunninu austan lands og meðfram Íslands-Færeyjahryggnum norðanverðum.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

MATERIALS AND METHODS

Árið 2002 var gerð rannsókn á næringarefnum í yfirborðslögum í öllum ársfjórðungslegu sjórannsóknaleiðingrum Hafrannsóknastofnunarinnar, í febrúar, maí, ágúst og nóvember. Sjórannsóknir fara fram á ákveðnu neti stöðva (2. mynd) á sniðum frá landi og út fyrir landgrunnsbrún allt umhverfis landið. Markmiðið er að lýsa umhverfisskilyrðum á íslenska hafsvæðinu.

Sjó var almennt frekar kaldur umhverfis landið í ársbyrjun 2002 samkvæmt mælingu í febrúar (Anon 2003). Um vorið höfðu hiti og selta í Atlantssjónum hækkað vel yfir meðaltal, en vegna lítillar útbreiðslu Atlantssjávar á Norð-urmiðum um vorið voru hiti og selta þar áfram



2. mynd. Staðalsnið, þar sem fara fram mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland. Dýptarlínur eru sýndar fyrir 200 og 500 metra.

Figure 2. Standard sections for repeated hydrographic and plankton research in Icelandic waters. Depth contours are shown for 200 and 500 m.

undir meðaltali máí mánaðar. Síðsumars varð vart við aukin áhrif Atlantssjávar fyrir norðan land. Í ágúst gætti hlýsjávar austur fyrir Langanes og í nóvember voru bæði hiti og selta á Norður- og Austurmiðum yfir meðaltali.

Í febrúar leiðangrinum voru sýni tekin á 0, 20 og 100 metra dýpi á öllum athugunarstöðvum (2. mynd) en á 0, 20, 50 og 100 m dýpi á öllum stöðvum í maí, ágúst og nóvember. Sýnin voru tekin í 1,7 lítra HydroBios sjótaka á rósettu. Gögnum um hita og seltu var safnað með síritandi SBE 911 sondu. Sýni voru einnig tekin með 200 metra millibili niður að botni á dýpstu stöðvunum á hverju sniði. Í sýnunum voru mæld uppleyst næringarefni, nítrat (NO_3), fosfat (PO_4) og kísill (Si). Sýnunum var safnað í LDPE (low density polyethylene) flöskur og næringarefnin voru mæld með sjálfvirkri ljósgleypnimælingu með Chemlab autoanalyser. Nítrat og kísill voru mæld með aðferðum sem lýst er í Grasshoff (1970) og fosfat samkvæmt aðferð Murphy og Riley (1962). Í febrúar-, maí- og ágústleiðöngurum voru næringarefnin mæld um borð innan sólarhrings frá söfnun sýnanna, í nóvember voru sýnin fryst að lokinni söfnun og mæld á rannsóknastofu í landi. Sýni í maíleiðangri og ágústleiðangri voru síuð með $0,45 \mu\text{m}$ Whatman polysulfonat sprautusíu fyrir mælingu. Þá var í maíleiðangri mælt ammóníak (NH_4) í sýnum frá Siglunesniði og af völdum stöðvum á öðrum sniðum. Þeim sýnum var safnað í sýrupvegin 20 ml polyetylen glös og þau fryst strax að lokinni söfnun. Ammóníak var svo mælt með sjálfvirkri ljósgleypnimælingu á Technicon autoanalyser samkvæmt aðferð sem byggir á Koroleff (1970). Þegar nítrat (NO_3) er mælt, mælist einnig það nítrít (NO_2) sem er í sýninu. Hér eftir er því í raun átt við $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ þegar fjallað eru um nítrat, en nítrít er óstöðugt efnasamband og er styrkur þess venjulega hverfandi miðað við nítratið þegar nægt súrefni er til staðar. Sömu aðferðir hafa verið notaðar við næringarefnamælingar á Hafrannsóknastofnuninni frá því um 1970 og því eru niðurstöður sambærilegar frá ári til árs.

Áreiðanleiki (accuracy og precision) efnagreininganna var metinn með notkun á viðmiðunarefni sem búið var til á Hafrannsóknastofnuninni samkvæmt Aminot og Kérouel, (1998) og þátttöku í samanburðarmælingum á næringarefnum í sjósýnum frá QUASIMEME (Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe) þar sem frávik

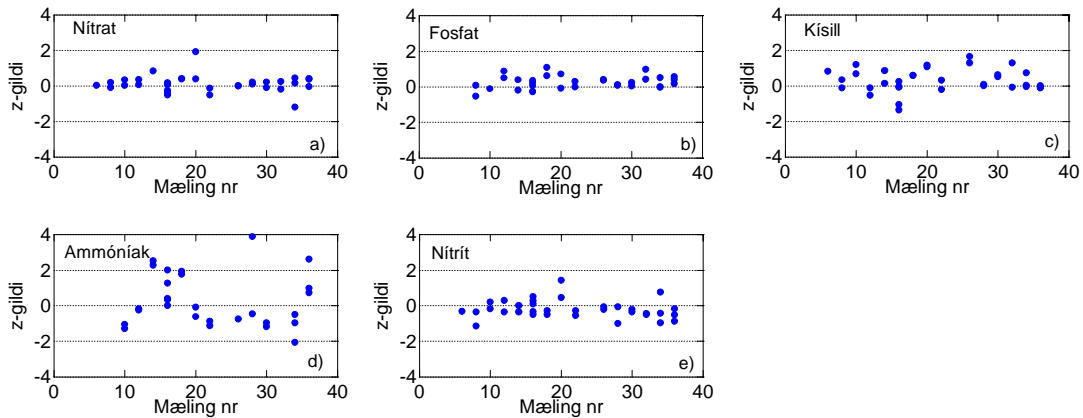
Tafla 1. Meðaltals z-gildi og meðaltals mismunur mældra (χ) og uppgefinna gilda (x) í QUASIMEME viðmiðunarsýnum frá 1996-2004. z-gildi er $(\chi-x)/\text{staðalfrávik}$ mælingarinnar.

Table 1. Average z-score and average difference between measured (χ) and assigned values (x) in QUASIMEME reference samples from 1996-2004. z-score is $(\chi-x)/\text{standard deviation of the measurement}$.

	Meðal z-gildi \pm staðalfrávik	Meðal mismunur \pm staðalfrávik
nítrat+nítrít	$0,2 \pm 0,5$	$-0,12 \pm 0,22$
fosfat	$0,3 \pm 0,4$	$-0,02 \pm 0,03$
kísill	$0,4 \pm 0,6$	$-0,20 \pm 0,32$
ammóníak	$0,3 \pm 1,6$	$-0,11 \pm 0,6$
nítrít	$0,2 \pm 0,5$	$0,01 \pm 0,03$

mælinganna hafa að jafnaði verið lág (tafla 1) (Wells *et al.*, 1997). Nákvæmni næringarefnagreininganna ákvörðuð með endurteknum mælingum á viðmiðunarefni samhliða efnagreiningum er því $\pm 0,10 \mu\text{mol l}^{-1}$ fyrir nítrat, $\pm 0,02 \mu\text{mol l}^{-1}$ fyrir fosfat, og $\pm 0,10 \mu\text{mol l}^{-1}$ fyrir kísil.

Hafrannsóknastofnunin hefur tekið þátt í samanburðarmælingum á næringarefnastyrk í sjó frá árinu 1993 í verkefninu QUASIMEME. Tvisvar á ári eru mæld sýni með óþekktum styrk næringarefna og niðurstöðurnar síðan metnar af utanaðkomandi aðilum. Almennt séð hafa greiningar Hafrannsóknastofnunarinnar komið vel út í þessum samanburði en mældir eru 7 þættir í hverju sýni, nítrat+nítrít, fosfat, kísill, ammóníak, nítrít, heildar uppleyst köfnunarefni og heildar uppleystur fosfór, en þar af eru þrír þættir (nítrat, fosfat og kísill) mældir reglubundið í sjósýnum á Hafrannsóknastofnuninni. Z gildi er rannsóknastofu reiknað út frá mismuninum á mældu gildi hennar (χ) og uppgefnu gildi (x) (assigned value) sem ákvarðað er út frá niðurstöðum æfingarinnar (um 70 rannsóknastofur taka þátt) og staðalfrávik mælingarinnar. Eftirfarandi mælikvarðar eru notaðir við mat niðurstöðanna: ef $|z| < 2$ eru niðurstöður taldar góðar, ef $2 < |z| < 3$ eru niðurstöður taldar vafasamar og ef $|z| > 3$ eru niðurstöðurnar taldar ónothæfar. Ef styrkur sýnisins er mjög lítil er erfitt að nota þennan mælikvarða þar sem lítil skekkja getur haft mikil áhrif á z-gildið. Því eru z-gildi ekki reiknuð fyrir mjög lágan styrk þar sem þau gefa ekki raunsanna mynd af niðurstöðunum. Á 3. mynd eru sýnd z-gildi frá Hafrannsóknastofnuninni á tímabilinu 1996-2004. Gildin eru öll minni en 2 og teljast þannig innan settra gæðamarka, utan fáein gildi fyrir ammóníak en mæling á því er viðkvæm fyrir ýmsum mengunarsvöldum. Annar og nákvæmari mælikvarði fæst ef mismunur mælds og uppgefins gildis fyrir viðmiðunarsýnin er reiknaður. Í töflu 1 eru með-



3. mynd. z-gildi úr QUASIMEME viðmiðunarsýnum frá 1996-2004 a) nítrat, b) fosfat, c) kísill, d) ammóníak og e) nítrít.

Figure 3. z-score from QUASIMEME reference samples from 1996-2004 a) nitrate, b) phosphate c) silicate, d) ammonia and e) nitrite.

altals z-gildi og meðaltals mismunur mældra og uppgefina gilda í QUASIMEME viðmiðunarsýnum frá 1996-2004. Niðurstöðurnar sýna að niðurstöður mælinganna frá ári til árs eru samanburðarhæfar og mjög nákvæmar þar sem staðalfrávik mismunarins er mjög lágt og í raun nærri greiningarmörkum.

NIÐURSTÖÐUR / RESULTS

Lárétt dreifing / Horizontal distribution

Við túlkun gagna er hafsvæðinu umhverfis landið skipt í svæði og er vísað í 2. mynd til glöggvunar á staðsetningu sniða og sýnatökustöðva. Vestursvæði er Faxaflóasnið, norðvestursvæði er frá Kögursniði að Siglunesi, norðaustursvæði er frá Sléttusniði til Langanes NA, Austursvæði er frá Langanes A-sniði til Stokksnessniðs og suðursvæði er frá Ingólfs höfða að Selvogsbanka. Skiptingin milli svæða er landfræðileg en er ekki byggð á eiginleikum einstakra sjógerða en skiptingin samsvarar í megindráttum þeim helstu sjógerðum sem eru við landið.

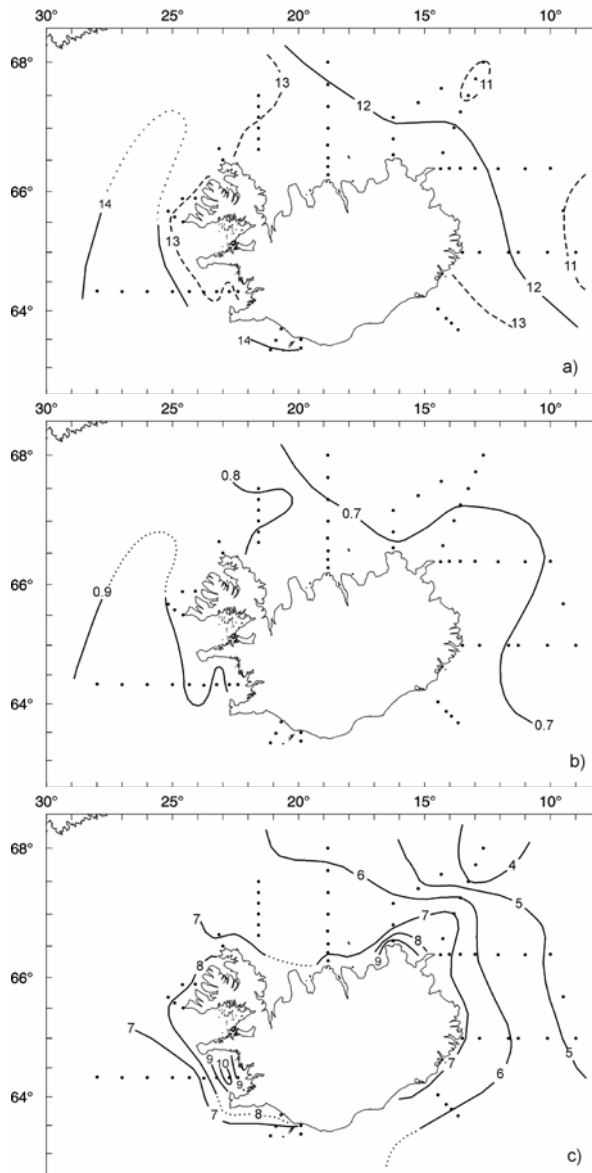
Dreifing næringarefna við yfirborð í leiðöngrunum fjórum árið 2002 er sýnd á 4. til 7. mynd. Árstíðabundnar breytingar sjást bæði í styrk næringarefnanna svo og í útbreiðslu sjógerða. Greinilegur munur sést milli hafsvæða í vetrarstyrk næringarefna (4. mynd, Tafla 2). Þannig var styrkur nítrats hærri í hlýsjónum fyrir sunnan og vestan landið, $13,7 \mu\text{mol l}^{-1}$, en í kalda sjónum fyrir norðan og austan, um $12 \mu\text{mol l}^{-1}$. Styrkurinn var nánast einsleitur á stórum svæðum og lítill stígandi (gradient), ef undan er skilinn kísilstyrkur nærri landi. Þó var greinilegur munur á styrk næringarefna á milli hlýsjávarins fyrir sunnan og vestan landið og kalda sjávarins fyrir norðan og austan (Tafla 2).

Sökum þess hve sjórinn er einsleitur er viðeigandi að reikna meðalgildi fyrir einstök svæði eða einstakar sjógerðir samkvæmt mælingum frá þessum árstíma. Þá er sjórinn uppblandaður svo að lítill munur er á styrk næringarefna innan blandaða yfirborðslagsins. Hér eru reiknuð meðaltöl næringarefnastyrks að vetrarlagi í efstu 100 (0, 20 og 100) metrunum í helstu sjógerðum við landið.

Tafla 2. Meðal vetrarstyrkur ($\mu\text{mol l}^{-1}$) nítrats (NO_3), fosfats (PO_4) og kísils (Si) í hafinu umhverfis Ísland mældur í febrúar 2002, auk þessa eru staðalfrávik (s.d.) og fjöldi mælinga (n) tilgreind. Á Faxaflóasniði eru allar stöðvar með fyrir nítrat og fosfat en fyrir kísil er stöðvum sleppt þar sem ferskvatnsáhrifa gætir. Á norðvestur- og norðursvæði eru allar stöðvar frá Kögursniði að Siglunesniði teknar með og á norðaustur- og austursvæði eru ystu stöðvar á sniðum frá Sléttu að Krossanesi (sjá 2. mynd). Úti fyrir Suðurlandi teljast stöðvar frá Stokksnesi að Selvogsbankasniði.

Table 2. Average winter concentrations ($\mu\text{mol l}^{-1}$) of nitrate (NO_3), phosphate (PO_4) and silicate (Si) in Icelandic waters as measured in February 2002, the standard deviation (s.d.) and the number of measurements (n) are also given. For Faxaflói section all stations are included for nitrate and phosphate but for silicate stations where freshwater input is evident are excluded. All stations from Kögur section to Siglunes section belong to the North-Northwest area and to the Northeast-East area are the deepest stations from Slétta section to Krossanes section (figure 2). Off the south coast are all stations from Stokksnes section to Selvogsbanki section.

	NO_3	s.d.	n	PO_4	s.d.	n	SiO_2	s.d.	n
Faxaflói	13,7	0,7	25	0,92	0,04	23	6,5	0,2	16
Norðvestur og norður svæði	12,6	0,6	47	0,76	0,07	45	6,6	0,6	47
Norðaustur og austur svæði	11,4	0,5	41	0,70	0,06	30	4,8	0,8	31
Úti fyrir Suðurlandi	13,7	0,3	23	0,79	0,05	23	6,3	0,4	23

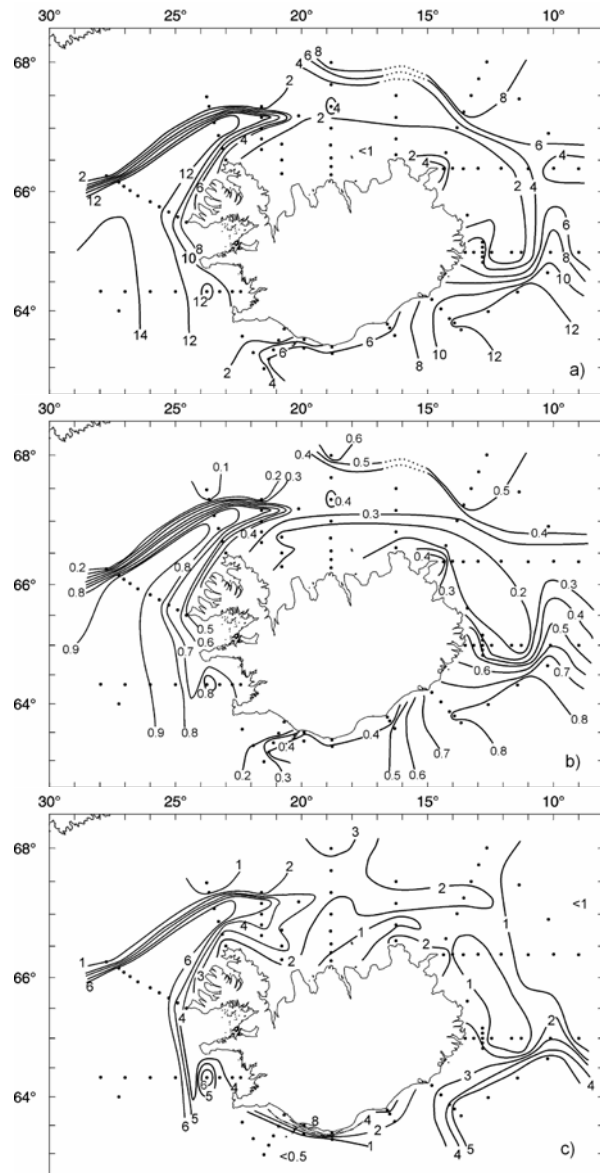


4. mynd. Styrkur næringarefna ($\mu\text{mol l}^{-1}$) við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 11.-24. febrúar 2002, a) nítrat, NO_3 , b) fosfat, PO_4 , c) kísill, Si.

Figure 4. Nutrient concentrations ($\mu\text{mol l}^{-1}$) at the surface in Icelandic waters 11.-24. February 2002, a) nitrate, NO_3 , b) phosphate, PO_4 , c) silicate, Si.

Áhrif fersks vatns frá landi á styrk kísils eru meiri en á nítrat- og fosfatstyrk. Þannig var kísilstyrkur að jafnaði hærri uppi við landið en lengra úti. Innarlega á Faxaflóa (4. mynd c) var styrkur kísils allt að $10 \mu\text{mol l}^{-1}$ en $6,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ djúpt úti á Faxaflóa. Kísilstyrkur var um $1 \mu\text{mol l}^{-1}$ hærri við ströndina við Vestfirði en úti fyrir og $2-3 \mu\text{mol l}^{-1}$ hærri við ströndina allt frá Melrakkaslétu að Selvogsbanka en í sjónum úti fyrir.

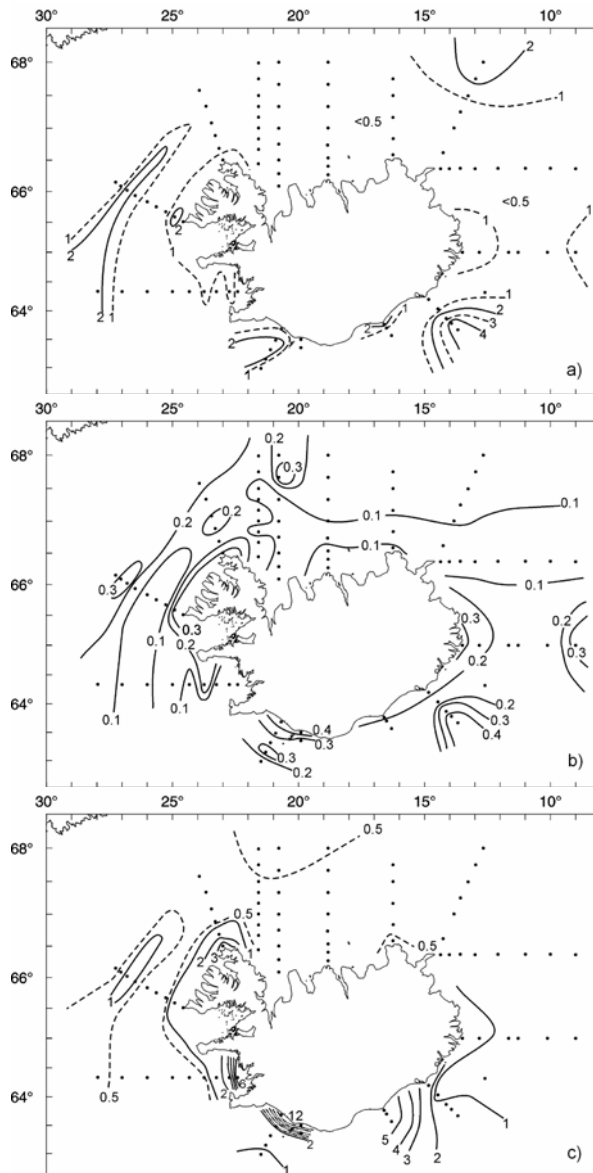
Í maíleiðangri (5. mynd) höfðu orðið miklar breytingar í styrk næringarefna við yfirborð frá því um veturinn. Skörp skil voru nú víða þar



5. mynd. Styrkur næringarefna ($\mu\text{mol l}^{-1}$) við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 13.-30. maí 2002, a) nítrat, NO_3 , b) fosfat, PO_4 , c) kísill, Si.

Figure 5. Nutrient concentrations ($\mu\text{mol l}^{-1}$) at the surface in Icelandic waters 13.-30. May 2002, a) nitrate, NO_3 , b) phosphate, PO_4 , c) silicate, Si.

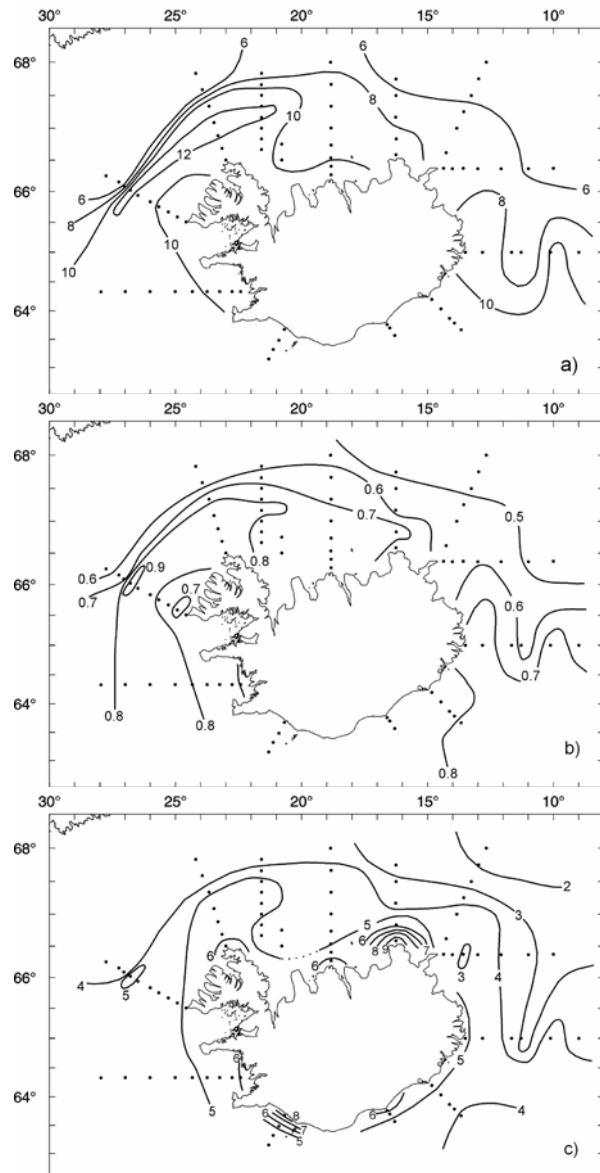
sem mörk liggja í útbreiðslu mismunandi sjógerða og mismunur var milli svæða á hve mikið af næringarefnum hafði verið tekið upp af plöntusvifi. Dreifing nitrats (5. mynd a), fosfats (5. mynd b) og kísils (5. mynd c) sýndu mjög há gildi uppleystra næringarefna í Atlantssjónum vestur af landinu. Á þeim stöðvum þar sem botndýpi er mest (2. mynd) hafði ekki orðið lækking að ráði frá því um veturinn. Skil voru norður af Vestfjörðum milli Atlantssjávarins og arktíks sjávar. Yfir landgrunninu norðan lands og norðaustan var styrkur nitrats víða mjög lágur eða minni en $0,8 \mu\text{mol l}^{-1}$, en styrkur fos-



6. mynd. Styrkur næringarefna ($\mu\text{mol l}^{-1}$) við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 7.-24. ágúst 2002, a) níturat, NO_3 , b) fosfat, PO_4 , c) kísill, Si.

Figure 6. Nutrient concentrations ($\mu\text{mol l}^{-1}$) at the surface in Icelandic waters 7.-24. August 2002, a) nitrate, NO_3 , b) phosphate, PO_4 , c) silicate, Si.

fats er þar enn allt að $0,25 \mu\text{mol l}^{-1}$. Kísill var enn til staðar og var styrkurinn að meðaltali $1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$. Úti fyrir Norður- og Austurlandi var styrkur næringarefnanna mun lægri á grunnslóð heldur en úti fyrir. Í Íslandshafi (ystu stöðvar á Siglunesniði og Langanes Norðaustursniði) hafði styrkur nítrats lækkað úr $11 \mu\text{mol l}^{-1}$ sem var hámarksstyrkurinn um veturinn niður í um $8 \mu\text{mol l}^{-1}$ en lítill lækkun hafði orðið á sama tíma í Atlantssjó á stöðvum langt frá landi. Á stórum svæðum djúpt úti af Austurlandi var kísill nær uppurinn í maíleiðangri (5. mynd c), þó að enn væru þar níturat og fosfat til staðar (5. mynd a og



7. mynd. Styrkur næringarefna ($\mu\text{mol l}^{-1}$) við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 8. nóvember – 3. desember 2002, a) níturat, NO_3 , b) fosfat, PO_4 , c) kísill, Si.

Figure 7. Nutrient concentrations ($\mu\text{mol l}^{-1}$) at the surface in Icelandic waters 8 November – 3 December 2002, a) nitrate, NO_3 , b) phosphate, PO_4 , c) silicate, Si.

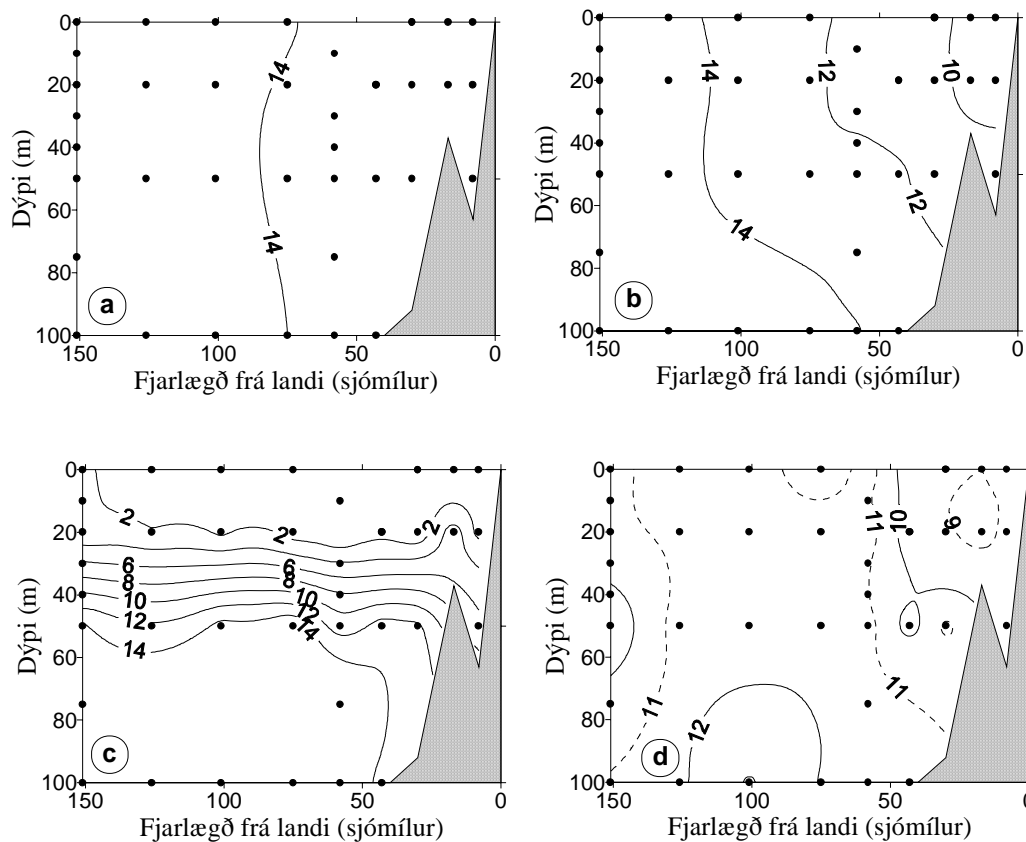
b). Á Krossanesniði voru skil í styrk allra næringarefnanna á skilum Austur-Íslandsstraumsins og Atlantssjávar, lítill styrkur var í Austur-Íslandsstraumnum, en hár í Atlantssjónum. Suðaustur af landinu úti fyrir landgrunninu var hár styrkur næringarefnanna í Atlantssjónum, þar sem styrkur nítrats var allt að $12 \mu\text{mol l}^{-1}$, fosfat á sama hátt $0,80 \mu\text{mol l}^{-1}$ og kísill $5 \mu\text{mol l}^{-1}$. Úti fyrir Suðurlandi var enn gnótt næringarefna til staðar (5. mynd) og við Suðurströndina var víða mjög hár styrkur kísils í strandsjónum.

Síðsumars var árlegt lágmark í styrk uppleystra næringarefna og dreifingin var þá aftur frekar einsleit og einkenndist af lágum styrk uppleystra næringarefna í blandaða yfirborðslaginu (6. mynd). Fyrir norðan og austan land var dreifing á styrk næringarefna einsleitari heldur en fyrir sunnan og vestan land. Styrkur næringarefnanna var lítil á nær öllum stöðvum, þannig var styrkur nítrats minni en $0,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ á um 65% stöðvanna og minni en $1 \mu\text{mol l}^{-1}$ á 75% stöðva. Í Atlantssjó djúpt suðvestur af landinu og í Íslandshafi var þó markvert hærri styrkur næringarefna ($> 2 \mu\text{mol l}^{-1}$ af nítrati), og einnig var nokkuð af næringarefnum á ystu stöðvum á Stokksnessniði, djúpt suðaustur af landinu, utan og við landgrunnsbrún, þar sem styrkur nítrats var meiri en $4 \mu\text{mol l}^{-1}$ við yfirborð. Þarna voru hæstu yfirborðsgildi nítrats og fosfats sem mældust í leiðangrinum.

Dreifing fosfats var í megindráttum lík dreifingu nítrats utan að nærri ströndum við Suður- og Austurland var fosfatstyrkur um $0,30 \mu\text{mol l}^{-1}$ þar sem nítratstyrkur var hverfandi, það gæti

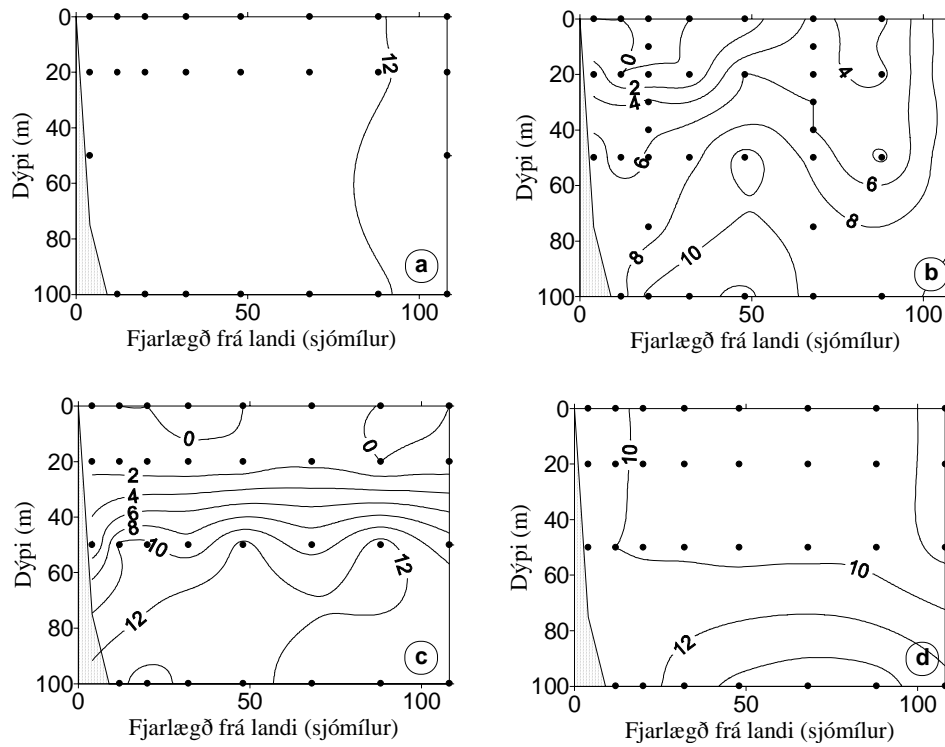
stafað af áhrifum frá ferskvatnsafrennsli af landi eða af hraðari endurnýjun fosfats en nítrats. Styrkur fosfats var lægstur og einsleitastur úti fyrir Norður- og Norðausturlandi þar sem hann var í kringum $0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ víðast hvar. Suðvestur af landinu mátti sjá smávægilegar breytingar í fosfatstyrk milli stöðva þó að styrkurinn færi hvergi yfir $0,3 \mu\text{mol l}^{-1}$. Mjög hár kísilstyrkur var nærri landi við Suður- og Austurland (6. mynd c).

Síðla hausts og í upphafi vetrar höfðu næringarefnin gengið aftur í upplausn þó hámarks-gildum vetrarins hafi ekki enn verið náð. Í aðalatriðum var dreifing nítrats og fosfats hin sama og dreifing kísils var áþekk þeim fyrir utan að hærri kísilstyrkur var nærri ströndum víðast hvar. Hæstu gildi nítrats- og fosfatsstyrks voru í Atlantssjó úti fyrir Vestfjörðum, þar sem nítratstyrkur var $12,3 \mu\text{mol l}^{-1}$ ($n=4$; s.d 1,3), styrkur fosfats var $0,85 \mu\text{mol l}^{-1}$ ($n=4$; s.d 0,06) og kísilstyrkur var $5,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ ($n=4$; s.d 0,5). Hámarkið var nú norðar en í öðrum mælingum ársins þar sem nítratstyrkur fór ekki yfir $12 \mu\text{mol l}^{-1}$ á öðrum stöðvum.



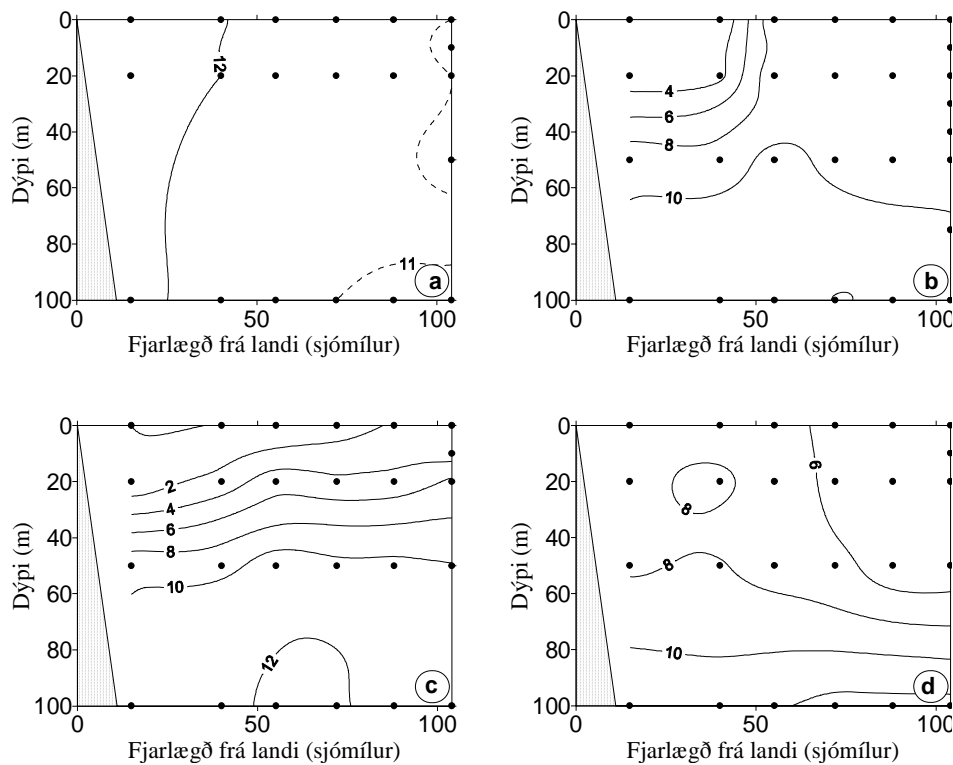
8. mynd. Lóðrétt dreifing nítrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Faxaflóasniði árið 2002, a) 11.-12. febrúar, b) 13.-14. maí, c) 7.-8. ágúst og d) 8.-9. nóvember.

Figure 8. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on Faxaflói section in 2002, a) 11-12 February, b) 13-14 May, c) 7-8 August and d) 8-9 November.



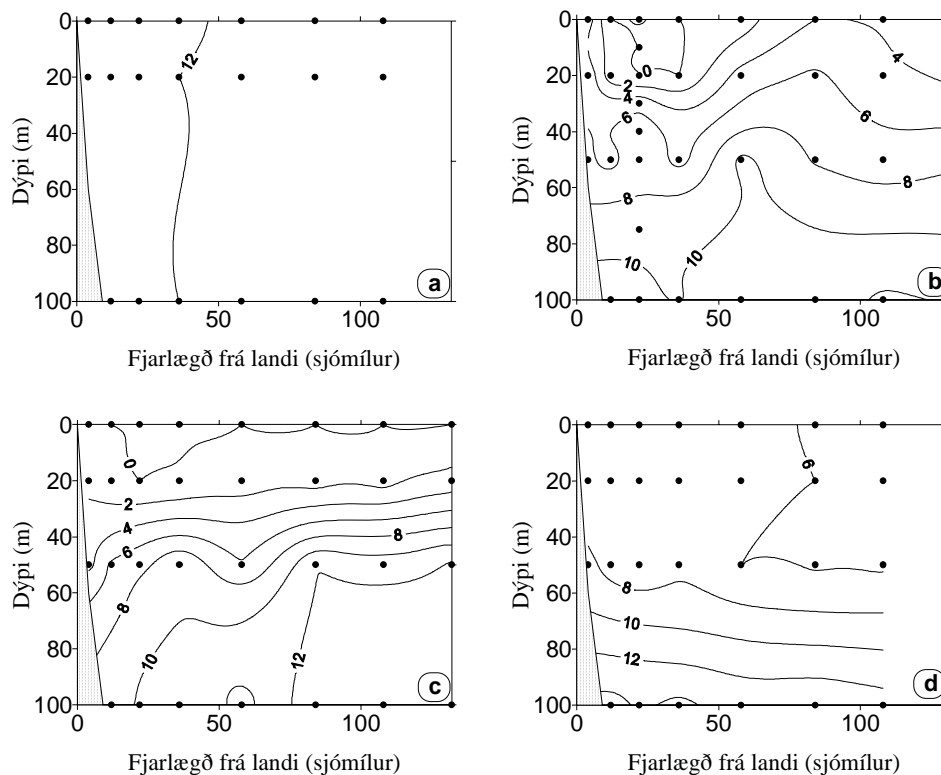
9. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats og ammóníaks ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Siglunesniði árið 2002, a) 16. febrúar (NO_3), b) 20.-21. maí (NO_3), c) 20.-21. maí (NH_4) d) 14.-15. ágúst (NO_3) og e) 18. nóvember (NO_3).

Figure 9. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on Siglunes section in 2002, a) 16 February (NO_3), b) 20-21 May (NO_3), c) 20-21 May (NH_4), d) 14-15 August (NO_3) and e) 18 November (NO_3).



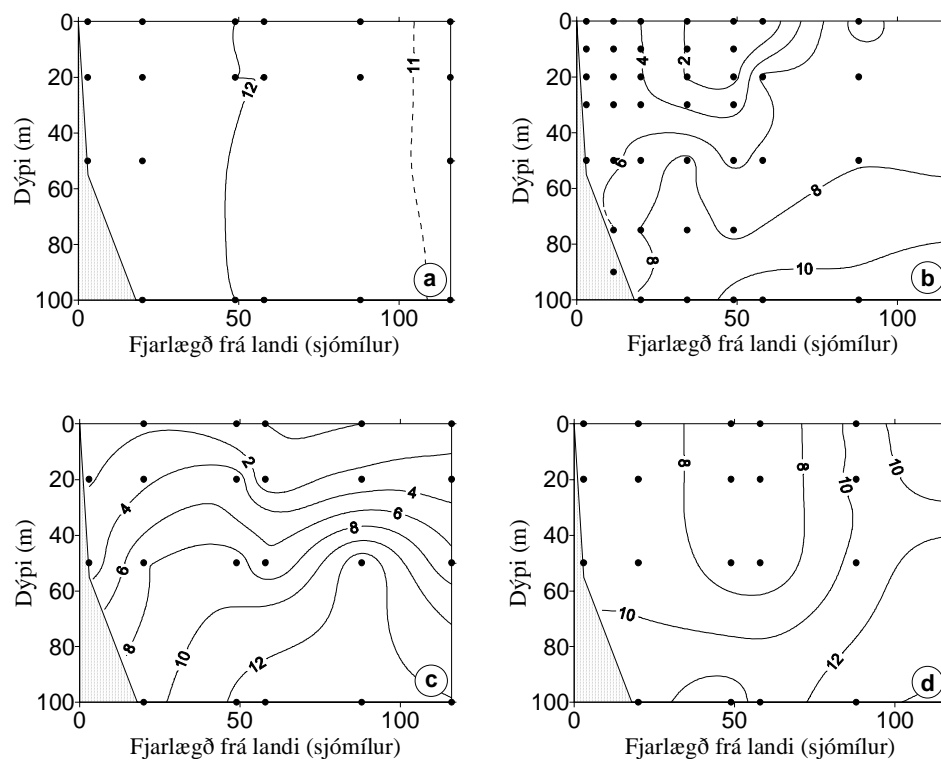
10. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Langanes-Norðaustursniði árið 2002, a) 19. febrúar, b) 23. maí, c) 18.-19. ágúst og d) 20.-21. nóvember.

Figure 10. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on Langanes-Northeast section in 2002, a) 18 February, b) 23 May, c) 18-19 August and d) 20-21 November.



11. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Langanes-Austursniði árið 2002, a) 20. febrúar, b) 24.-25. maí, c) 19.-20. ágúst og d) 21. nóvember.

Figure 11. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on Langanes-East section in 2002, a) 20 February, b) 24-25 May, c) 19-20 August and d) 21 November.



12. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Krossanessniði árið 2002, a) 21. febrúar, b) 26.-27. maí, c) 21. ágúst og d) 22.-23. nóvember.

Figure 12. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on Krossanes section in 2002, a) 21 February, b) 26-27 May, c) 21 August and d) 22-23 November.

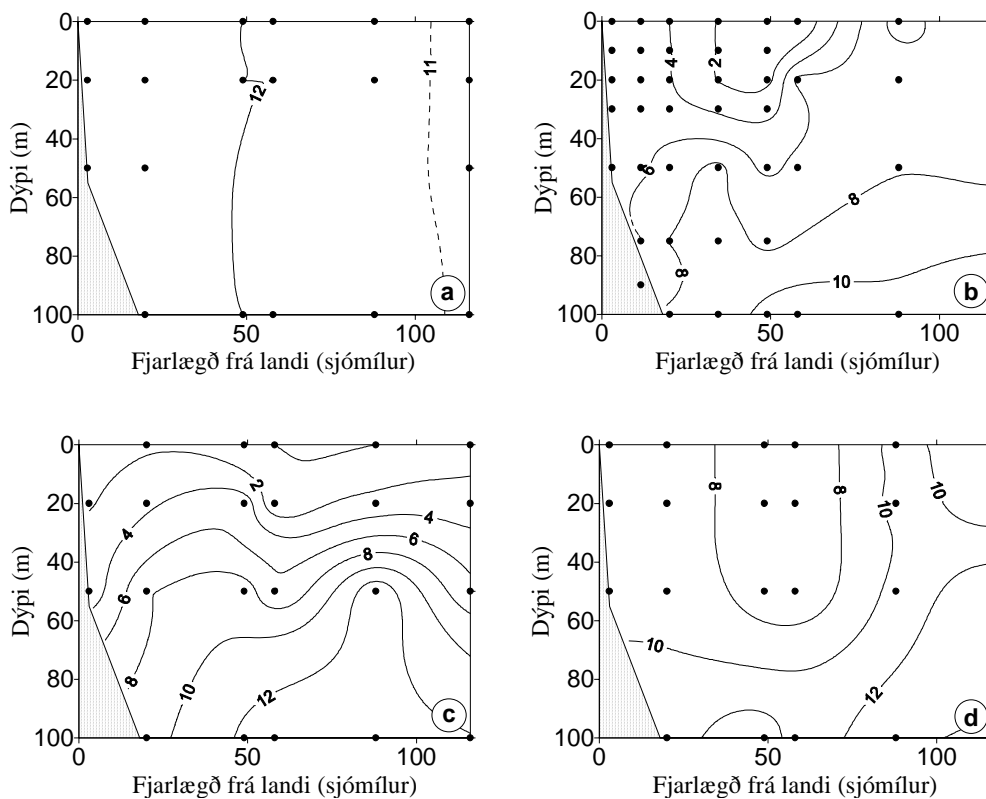
Lóðrétt dreifing / Vertical distribution

Lóðrétt dreifing, dýptarsnið, næringarefna á nokkrum sniðum er sýnd á 8.-13. mynd. Að vetrarlagi (8.-13. mynd a) var sjórinn uppblandaður og styrkurinn nærri því hinn sami frá yfirborði og niður á 100 m dýpi á öllum mælipunktum. Um vorið (8.-13. mynd b) voru aðstæður umhverfis landið mismunandi eftir svæðum. Fyrir vestan landið og sunnan (8. og 13. mynd b) var lagskipting veik og lítil lækun á styrk næringarefna hafði orðið frá því um veturinn, styrklækkunar gætti þar einungis næst landi. Annars staðar var lagskipting meira áberandi og töluverðar breytingar með dýpi (9.-12. mynd b). Breytingar fá því í febrúar á nítratstyrk náðu allt niður að 100 metra dýpi. Nítrat var þó enn til staðar í nokkrum mæli í efstu metrunum á þessum svæðum. Síðsumars (8.-13. mynd c) var sterk lagskipting á öllum sniðunum en dýpt blandaða lagsins allbreytileg. Lagskiptingin náði niður á um 50 metra dýpi allt frá Faxaflóasniði og norður um að Langanesi (8.-10. mynd c). Á austursvæðinu náði lagskiptingin hins vegar niður á um 100 metra dýpi (11.-13. mynd c) og þar voru einnig breytingar milli stöðva á

sniðunum. Mikil blöndun einkenndi því dýptarsniðin á austursvæðinu. Síðla hausts (8.-13. mynd d) hefur sjórinn blandast upp á nýjan leik en þó gætir veikrar lagskiptingar enn í efstu 100 metrunum á öllum sniðunum, nítratstyrkur á 50-100 metra dýpi var víðast hvar lægri heldur en í ágúst.

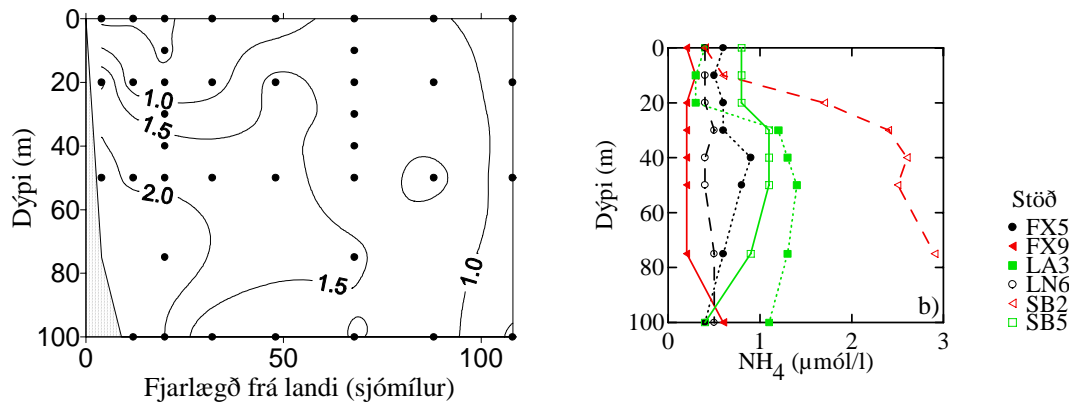
Styrkur ammóníaks var mældur í maíleiðangri 20.-21. maí á Siglunessniði (14. mynd a). Mæld gildi voru á bilinu 0,4-2,4 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Lægstu gildin voru við yfirborð á grynstu stöðvunum, en hæstu gildin ($>1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$) voru á 50-100 metra dýpi á grynstu stöðvunum. Lægri gildi, minni en 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$, mældust á stöð 8. Lagskiptingar gætir í styrk ammóníaks á fyrstu 5 stöðvunum þar sem gildin í efstu 20 metrunum voru minni en 1 $\mu\text{mol l}^{-1}$.

Styrkur ammóníaks var að auki mældur á völdum stöðvum í maíleiðangri og eru niðurstöðurnar sýndar á 14. mynd b. Styrkurinn var almennt lágur eða á bilinu 0,4 $\mu\text{mol l}^{-1}$ til 1,4 $\mu\text{mol l}^{-1}$ og alltaf lægri á stöðvum utan landgrunnins (FX9, LN6, SB5) en nær landi. Á einni stöð, Selvogsbanka 2, voru gildi ammóníaks á bilinu 0,5 $\mu\text{mol l}^{-1}$ við yfirborð til tæplega



13. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Stokksnessniði árið 2002, a) 22. febrúar, b) 28. maí, c) 23. ágúst og d) 30. nóvember.

Figure 13. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on Stokksnes section in 2002, a) 22 February, b) 28 May, c) 23 August and d) 30 November.



14. mynd. Styrkur ammóníaks, NH_4 , $\mu\text{mol l}^{-1}$, á a) Siglunessniði 20.-21. maí og b) völdum stöðvum, þ.e. stöðvum 5 og 9 á Faxaflóasniði (FX5, FX9), stöð 6 á Langanessniði Norðaustur (LN6), stöð 3 á Langanessniði Austur (LA3) og stöðvum 2 og 5 á Selvogsbankasniði (SB2, SB5) í maíleiðangri 13.-31. maí 2002. Sjá staðsetningar stöðva á 2. mynd.

Mynd 14. Ammonia concentration, NH_4 , $\mu\text{mol l}^{-1}$, on a) Siglunes section 20–21 May and b) selected stations, i.e. stations 5 and 9 on the Faxaflói section (FX5, FX9), station 6 on the Langanes Northeast section (LN6), station 3 on the Langanes East section (LA3) and stations 2 and 5 on the Selvogsbanki section (SB2, SB5), on the spring cruise 13–31 May 2002. See figure 2 for location of stations.

3 $\mu\text{mol l}^{-1}$ nærri botni, sem voru hærri gildi en búist var við og má að öllum líkindum rekja til endurnýjunar á lífrænu efni.

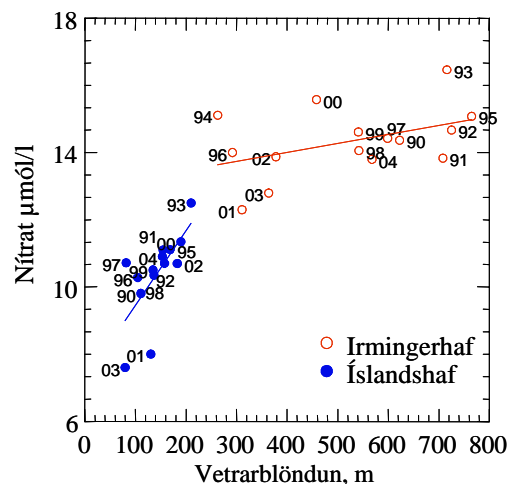
UMRÆÐA / DISCUSSIONS

Í lok vetrar er árlegt hámark í styrk næringarefna (nítрати, fosfati og kísli) þegar dýpt blandaða lagsins er mest. Að vorinu þegar frumframleiðni hefst með hækkandi sól og hitaskiptalag tekur að myndast lækkar styrkur næringarefna í yfirborðslaginu vegna upptöku í lífræna vefi. Styrkurinn í yfirborðslögum helst lágur fram á haust þegar sjórinn blandast upp á ný vegna kólnunar. Gögnin sýna að ársferill næringarefna í hafinu umhverfis Ísland er eins og víðast hvar hefur mælst á kaldtempruðum svæðum (Takahashi, et al., 1985b).

Árið 2002 náði blandaða yfirborðslagið niður á tæplega 400 m dýpi í Grænlandshafi og um 200 m dýpi í Íslandshafi þegar vetrarmælingin var gerð í febrúar. Því má segja að árið 2002 hafi dýpt blandaða lagsins verið nærri meðaltali árána 1990–2003 í Grænlandshafi en í Íslandshafi var lóðrétt blöndun meiri en meðaltal viðmiðunartímabilsins. Vetrarstyrkur nítrats á stöð 9 á Faxaflóa (Grænlandshaf) annars vegar og stöð 6 á Langanesi NA (Íslandshaf) hins vegar á tímabilinu 1990–2004 var frá um 12–16 $\mu\text{mol l}^{-1}$ á Faxaflóa og 8–12 $\mu\text{mol l}^{-1}$ á Langanesi. Samband nítrats við dýpt blandaða lagsins að vetri er sýnt á 15. mynd. Af myndinni má ráða að sá styrkur nítrats sem er til staðar að vori áður en þörungar taka að vaxa, er háður dýpt blandaða lagsins. Lóðrétt blöndun að vetrarlagi ræðst af eðlismassadreifingu í vatnssúlunni, og þar með

bæði af hita og seltu sjávarins. Einnig sést að árið 2002 var nítратstyrkur frekar lágur að vetri miðað við tímabilið 1990–2004 í Grænlandshafi en fyrir ofan meðaltal í Íslandshafi (4. mynd og 15. mynd).

Sýnt hefur verið fram á að samhengi er á milli vetrarstyrks næringarefna og dýpt blandaða yfirborðslagsins, sem segir til um hve djúpt blöndunin nær að vetri og þar með hve mikið af



15. mynd. Samband nítrats við dýpt blandaða lagsins að vetrarlagi, í febrúar. Gögnin eru frá Faxaflóa 9 og Langanesi NA 6 (sjá 2. mynd) árin 1990–2004. Dýpt blandaða lagsins er metin út frá grynnsta hámarki í $d\theta/dz$ og styrkur næringarefna er meðalstyrkur í efstu 50 metrunum. Endurgert eftir Jóni Ólafssyni (2003).

Mynd 15. Relationship between winter (February) mixed layer depth and nitrate concentration. Data is from station 9 on Faxaflói section and station 6 on Langanes NA section (cf. figure 2) for 1990–2004. Mixed layer depth is estimated from the shallowest maximum in $d\theta/dz$ and nutrient concentrations are average concentrations for the upper 50 meters. Redrawn from Jón Ólafsson (2003).

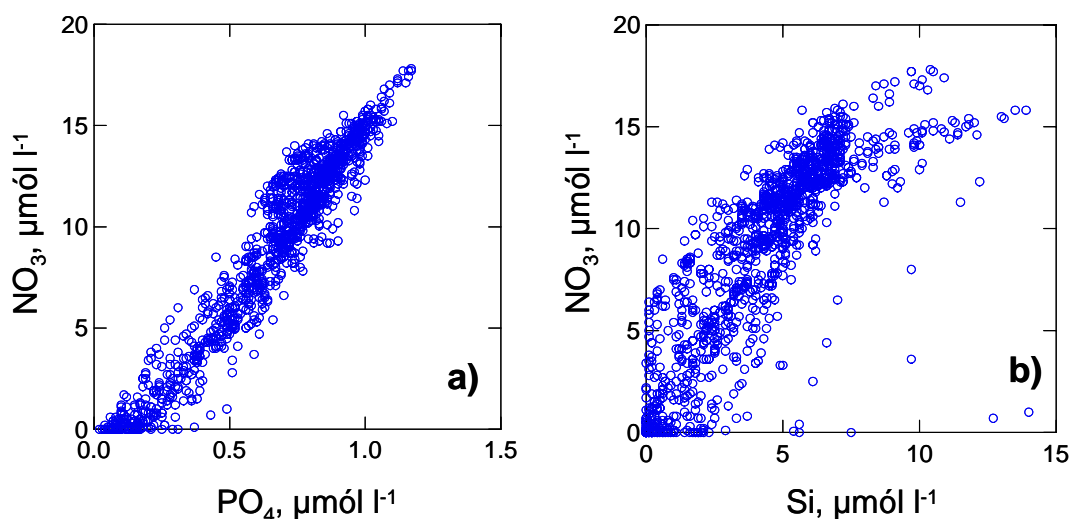
efnum í upplausn nær að blandast úr djúpinu og upp í efri lög sjávar (Koeve, 2001, Jón Ólafsson, 2003). Í hlýja sjónum ræður kólnun sjávarins langmestu um hve djúpt lóðrétt blöndunin nær (Jón Ólafsson, 2003) en í kalda sjónum eru áhrif kólnunar og seltu nær jöfn. Í þessu samhengi má velta fyrir sér hvort mælingarnar sem gerðar eru á ástandi sjávar að vetrarlagi séu á þeim tíma sem lóðrétt blöndun sjávar nær niður á mesta dýpið og þar með hvort mældur sé hámarksvetrarstyrkur uppleystra næringarefna. Af þessu má ráða að ef breytingar verða á umhverfisskilyrðum geta einnig orðið breytingar á vetrarstyrk uppleystra næringarefna sem síðan breytir skilyrðum fyrir þörungavexti og framleiðni getu hafsvæða.

Þekkt er á mörgum hafsvæðum að meðalstórar hringrásir (mesoscale eddies) geta borið næringarefni inn á næringarefnasauð svæði með láréttri tilfærslu og sama getur gerst með blöndun á skilum og lóðrétt tilfærsla getur orðið við uppdrift sjávar. Gögnin gefa til kynna að einhver ferli af þessu tagi eigi sér stað úti fyrir Suðaustur og Austurlandi (sjá 6. og 9.–11. mynd). Ferli af þessu tagi eru talin hafa mikil áhrif á frjósemi svæða (Falkowski *et al.*, 1991, Williams og Follows, 1998 og Oshlies og Garcon, 1998).

Styrkur næringarefna yfir landgrunni er háður fleiri ferlum en styrkur þeirra fyrir utan landgrunn (Jickells, 1998). Stærstan hluta breytinga á styrk næringarefna á landgrunninu víð Ísland

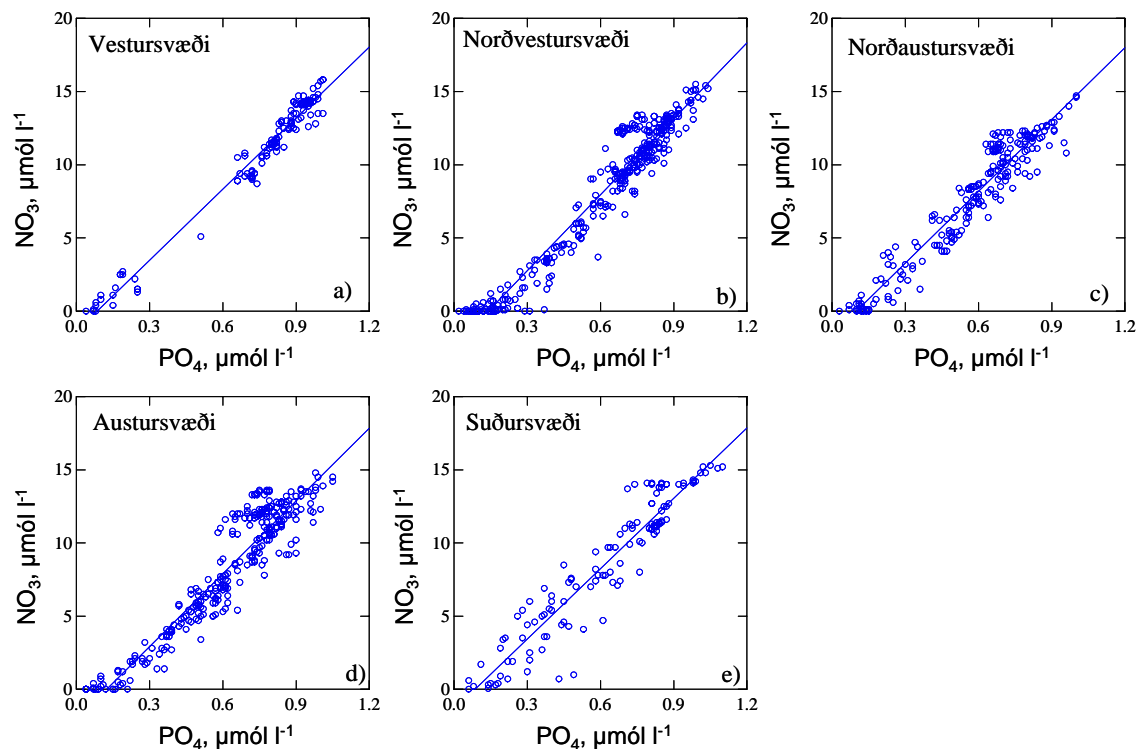
má að öllum líkindum rekja til ytri skilyrða þ.e. breytinga á ferlum/skilyrðum í hafinu fyrir utan þó að enn sé órannsakað hér við land hvernig samspil ýmissa innri skilyrða/ferla hefur áhrif á styrk næringarefna á landgrunninu (afrennsli af landi, endurnýjun, tap í set eða afnitrún, sjávarföll, óstaðfastar biogeokemískar breytingar). Ljóst er af þeim gögnum sem hér liggja fyrir (4.–7. mynd) að á strandsvæðum og nærri landi eru landræn áhrif talsverð á styrk næringarefna í sjó, einkum á kísilstyrk (Sólveig Ólafsdóttir og Jón Ólafsson, 1999) en þættir eins og brottnám næringarefna í set, og aðflutningur frá öðrum hafsvæðum (t.d. uppdrif) hafa ekki verið rannsakaðir hér við land til þessa. Seitzinger og Giblin (1996) mátu þátt brottnáms köfnunarefnis í set í NA-Atlantshafi verulegan og er sá þáttur talinn vanmetinn í mati á köfnunarefnisbúskap strandsvæða. Skortur á mælikvörðum fyrir þessi ferli gera túlkun og samanburð gagna erfiðan einkum ef rekja á orsakir breytinga. Nýlegar ritgerðir (Hydes, 2004 og De Galan *et al.*, 2004) sýna fram á nauðsyn þess að tengja vöktun á næringarefnaástandi landgrunnssvæða og fjarða við ástandið í hafinu úti fyrir.

Þörungur taka að vaxa í hafinu við Ísland á tímabilinu apríl til maí. Almennt skapast þau skilyrði fyrst næst landi sem þarf til að vorblómi þörungna geti orðið. Við Faxaflóa veldur seltu-lækkun vegna frárennslis frá landi því að stöðug lagskipting myndast í yfirborðinu og því verður blómi þörungna fyrst innst í flóanum (Þórunn



16. mynd. Samband a) nitrats og fosfats og b) nitrats og kísils í efstu 100 metrunum í hafinu umhverfis Ísland árið 2002. Sambandi nitrats og fosfats má lýsa með jöfnunni: $[NO_3]=16,9(\pm 0,1)*[PO_4]-2,1(\pm 0,1)$.

Mynd 16. The relationship between a) nitrate and phosphate and b) nitrate and silicate in the uppermost 100 meters in Icelandic waters in 2002. The relationship between nitrate and phosphate is described by the equation: $[NO_3]=16.9(\pm 0.1)*[PO_4]-2.1(\pm 0.1)$.



17. mynd. Breytingar á sambandi nitrats og fosfats í efstu 100 metrunum í hafinu umhverfis Ísland árið 2002 eftir svæðum, a) Vestursvæði er Faxaflói $NO_3=16,1(\pm 0,2)*PO_4-1,3(\pm 0,2)$ ($r^2=0,97$), b) Norðvestursvæði er frá Kögri til Sigluness, $NO_3=17,3(\pm 0,2)*PO_4-2,4(\pm 0,2)$ ($r^2=0,94$), c) Norðaustursvæði er frá Sléttu til Langanes Norðaustur, $NO_3=16,5(\pm 0,4)*PO_4-1,6(\pm 0,3)$ ($r^2=0,91$), d) Austursvæði er frá Langanesi Austur til Stokksnes, $NO_3=16,4(\pm 0,3)*PO_4-2,0(\pm 0,2)$ ($r^2=0,90$), og e) Suðursvæði er frá Ingólfshöfða til Selvogsbanka. $NO_3=16,0(\pm 0,5)*PO_4-1,4(\pm 0,3)$ ($r^2=0,90$).

Figure 17. Differences in nitrate phosphate relationships in the upper 100 meters by area in Icelandic waters in 2002, a) The Western area is Faxaflói $NO_3=16.1(\pm 0.2)*PO_4-1.3(\pm 0.2)$ ($r^2=0.97$), b) The Northwest area is from Kögur to Siglunes, $NO_3=17.3(\pm 0.2)*PO_4-2.4(\pm 0.2)$ ($r^2=0.94$), c) The Northeast area is from Sléttu to Langanes Norðaustur, $NO_3=16.5(\pm 0.4)*PO_4-1.6(\pm 0.3)$ ($r^2=0.91$), d) The Eastern area is from Langanes Austur to Stokksnes, $NO_3=16.4(\pm 0.3)*PO_4-2.0(\pm 0.2)$ ($r^2=0.90$), and e) The Southern area is from Ingólfshöfði to Selvogsbanki. $NO_3=16.0(\pm 0.5)*PO_4-1.4(\pm 0.3)$ ($r^2=0.90$).

Þórðardóttir og Unnsteinn Stefánsson, 1977). Í Austur-Grænlandsstraumnum er einnig þekkt að skilyrði skapast fyrir fyrir blóma þörungna þar sem seltulækkunar gætir (Waniek *et al.*, 2005). Gögnin í þessari rannsókn styðja þetta, t.d. hafði umtalsverð lækun orðið á styrk næringarefna á Faxaflóasniði í maíleiðangri á stöðvum næst landi, níturstyrkur lækkaði um 4 μmol l⁻¹, á meðan styrkurinn hafði lítið lækkað frá því um veturinn lengra frá landi (4. og 5. mynd).

Hlutföll milli styrks nitrats og fosfats eru vel þekkt (Redfield hlutföll) en breytingar á styrk uppleysts kísils og annarra næringarefna eru ekki eins vel skilgreind. Fosfat og níturat eru notuð í jöfnum hlutföllum af öllum tegundum svifþörungna en svo til einungis kísilþörungar nýta uppleystan kísil við ljóstillífun. Samband nitrats og fosfats og nitrats og kísils í yfirborðslögum (0-100 m) árið 2002 er sýnt á 16. mynd. Niðurstöðurnar sýna að það var að

jafnaði leif af fosfati (0,12 μmol l⁻¹) eftir þegar allt níturat var uppuríð sem bendir til að níturat hafi verið takamarkandi fyrir vöxt þörungna en ekki fosfat. Hlutfallið ΔN/ΔP fyrir öll gögnin er 16,9 og tekur þá til allra sjógerða á öllum árstímum.

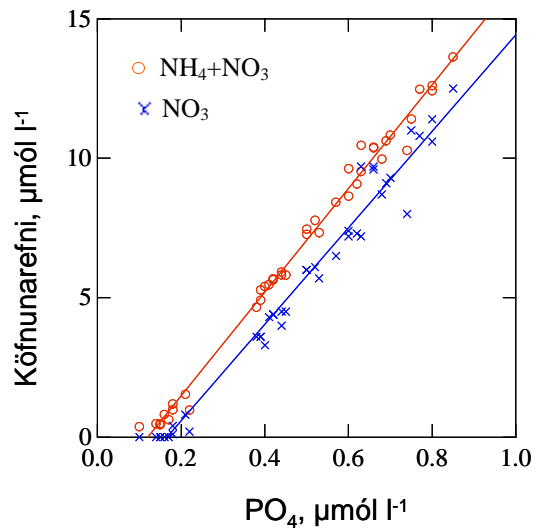
Samband nitrats og fosfats á mismunandi svæðum umhverfis landið er sýnt á 17. mynd. Hallatalan var lítið breytileg eftir sjógerðum fyrir utan að hún var þó mun hærri í pólsjó en í öðrum sjógerðum við landið (Jón Ólafsson *et al.*, 2003). Á svæðum einkum fyrir norðvestan þar sem blöndunar við pólsjó gætir, sjást þessi áhrif í hækkuðu ΔN/ΔP hlutfalli (17. mynd). Einnig var breytilegt hve mikil leifin af fosfati var og var hún að jafnaði meiri á norðvestursvæðinu eða 0,14 μmol l⁻¹ miðað við um 0,08 μmol l⁻¹ í Atlantssjó. Þetta er minni fosfatleif en eldri rannsóknir sýna (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991) en í samræmi við herra

hlutfall $\Delta N/\Delta P$ sem nú mælist og gæti tengst minni pólsjávaráhrifum árið 2002 heldur en á árunum 1974-1981. Fyrir Atlantssjó (selta >35,1) fæst $\Delta N/\Delta P$ 15,1. Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson (1991) fengu $\Delta N/\Delta P$ 14,8 fyrir arktískan sjó (Siglunes) og $\Delta N/\Delta P$ 14,2 fyrir Atlantssjó (Selvogsbanki) byggt á gögnum úr maileiðöngurum frá árunum 1974 til 1981. Talið er að sé $\Delta N/\Delta P > 16$ verði nýframleiðni fosfats takmörkuð en að lægra hlutfall bendi til köfnunarefnis-takmörkunar (Cavender-Bares *et al.* 2001).

Talsverður munur er á $\Delta N/\Delta P$ hlutfalli árið 2002 og meðaltali árunum 1974 til 1981 (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991), hvernig sem gögnin eru flokkuð. Örugg skýring á þessum mun liggur ekki fyrir en hann þýðir í raun að styrkur nitrats hefur aukist umfram styrk fosfats. Breytileg útbreiðsla sjógerða frá ári til árs kann að vera hluti skýringarinnar. Einnig kann tímasetning leiðangursins að skipta máli en farið var fyrir í maileiðangur árið 2002 en á árunum 1974-1981. Styrkur ammóníaks vex þegar lífrænt efni tekur að brotna niður og því er líklegt að ammóníakstyrkur hækki þegar líður á vorið og fram á sumar. Fyrir tímabilið 1974-1981 gæti þetta þýtt að $\Delta N/\Delta P$ hlutfallið sé of lágt þar sem köfnunarefni bundið í ammóníaki var ekki reiknað með. Ef Norðvestur svæðið er undanskilið er lítill munur á $\Delta N/\Delta P$ hlutfalli við landið (sjá texta við 17. mynd).

Þegar samband nitrats og ammóníaks við fosfat er skoðað fyrir Siglunessnið (18. mynd) þá kemur í ljós að línulegt samband batnar ef ammóníak er einnig notað, r^2 fer úr 0,97 í 0,99 ($n=41$) og að leifin af fosfati minnkar enn.

Upptaka kísils á sér einungis stað ef kísilþörungur vaxa á svæðinu og talið er að þeir taki upp nítat og kísil í hlutföllunum 1:1 þ.e. ef einungis kísilþörungur vaxa þá sé $\Delta N/\Delta Si$ 1 (Brzezinski, 1985). Oftast eru þó fleiri tegundir þörungna í svifinu og þar sem aðrar tegundir nýta ekki kísil verður upptökuhlutfallið því hærra en 1. Kísilþörungur eru taldir vera sá hópur þörungna sem fyrst tekur að vaxa að vorlagi í NA-Atlantshafi. Að vorlagi þegar þörungur eru í vexti og hafa enn gnoft næringarefna frá liðnum vetri þá lýsa breytingar á styrk næringarefna og hlutföllum þeirra upptöku við ljóstillífum. Að hausti og síðsumars skipta endurnýjunarferli næringarefnanna við niðurbrot lífræns efnis einnig máli fyrir styrk þeirra í yfirborðslögum og að vetri lóðrétt blöndun sem færir uppleyst næringarefni aftur til yfirborðslaga. Kísill end-



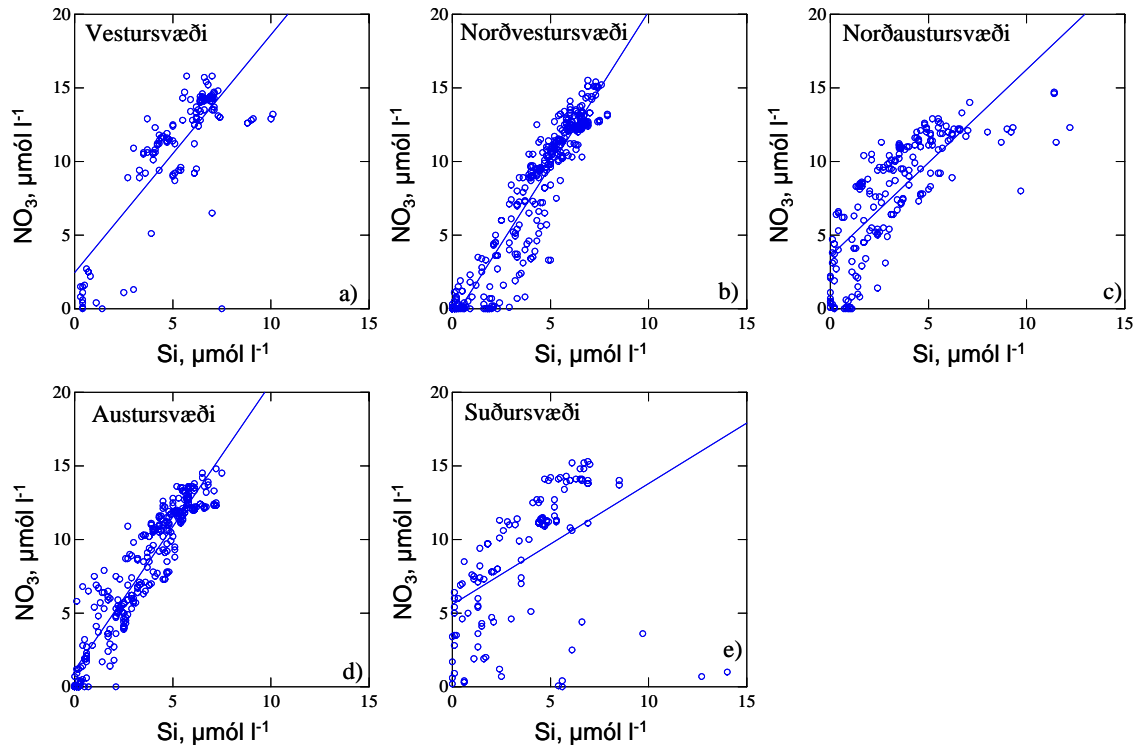
18. mynd. Sambandi nitrats ($[NO_3]$) og nitrats og ammóníaks ($[NO_3]+[NH_4]$) við fosfat í efstu 100 metrunum á Siglunessniði í maileiðangi 2002.

Mynd 18. Relationship between nitrate ($[NO_3]$) and nitrate plus ammonia ($[NO_3]+[NH_4]$) and phosphate in the upper 100 m on Siglunes Section in the spring cruise 2002.

urnýjast hægar úr lífrænu efni heldur en nítat og fosfat þar sem hann binst í skeljar kísilþörungum. Samband nitrats og kísils lýsir þannig bæði mismunandi áhrifum lífríkisins á styrk þeirra sem og mismunandi endurnýjunarferlum. Á 19. mynd er sýnt samband nitrats og kísils fyrir einstök svæði við landið á öllum árstímum árið 2002. Línuleg fylgni nítat- og kísilstyrks er góð á sumum svæðum en ekki á öðrum. Best eru þau á norðvestur- og austursvæðunum þar sem tæplega 90% af breytingum á nítatstyrk skýrast af breytingum á kísilstyrk (sjá texta við 19. mynd).

Bæði norðvestan lands og austan var hallatalan svipuð eða um 2 sem bendir til að kísilþörungur hafi vaxið í bland við aðra þörungur á þessum svæðum. Ferskvatnsrennsli frá landi ber með sér allt að 20 sinnum hærri styrk kísils en er í sjónum og hefur ferskvatnsfrárennsli því mikil áhrif á kísilstyrk á strandsvæðum meðan áhrifin á styrk annarra næringarefna eru lítil (Sólveig Ólafsdóttir og Jón Ólafsson, 1999). Fyrir sunnan land má greina áhrif ferska vatnsins á kísilstyrk í strandsjónum (sjá 4.-7. mynd c) og það veldur því að línuleg fylgni nitrats og kísils er ekki góð vorið 2002 ($r^2=0,23$). Hallatalan er 0,8 sem bendir til þess að kísilþörungur hafi verið ráðandi í svifinu á þessu svæði.

Á Faxaflóa skýrðust aðeins um 65% af breytileikanum á nítatstyrk með breytingum á styrk kísils en þar er einnig að vænta áhrifa frá



19. mynd. Breytingar á sambandi nitrats og kísils í efstu 100 metrunum í hafinu umhverfis Ísland árið 2002 eftir svæðum, a) Vestursvæði er Faxaflói $NO_3=1,1(\pm 0,1)*Si+2,5(\pm 0,6)$ ($r^2=0,65$), b) Norðvestursvæði er frá Kögri til Sigluness, $NO_3=2,1(\pm 0,1)*Si-0,8(\pm 0,2)$ ($r^2=0,89$), c) Norðaustursvæði er frá Sléttu til Langanes Norðaustur, $NO_3=1,2(\pm 0,1)*Si+4,1(\pm 0,3)$ ($r^2=0,57$), d) Austursvæði er frá Langanesi Austur til Stokksnes, $NO_3=2,0(\pm 0,1)*Si+1,1(\pm 0,2)$ ($r^2=0,86$), og e) Suðursvæði er frá Ingólfshöfða til Selvogsbanka. $NO_3=0,8(\pm 0,1)*Si+5,6(\pm 0,6)$ ($r^2=0,23$).

Figure 19. Differences in nitrate silicate relationships in the upper 100 meters by area in Icelandic waters in 2002, a) The Western area is Faxaflói $NO_3=1.1(\pm 0.1)*Si+2.5(\pm 0.6)$ ($r^2=0.65$), b) The Northwest area is from Kögur to Siglunes, $NO_3=2.1(\pm 0.1)*Si-0.8(\pm 0.2)$ ($r^2=0.89$), c) The Northeast area is from Sléttu to Langanes Norðaustur, $NO_3=1.2(\pm 0.1)*Si+4.1(\pm 0.3)$ ($r^2=0.57$), d) The Eastern area is from Langanes Austur to Stokksnes, $NO_3=2.0(\pm 0.1)*Si+1.1(\pm 0.2)$ ($r^2=0.86$), and e) The Southern area is from Ingólfshöfði to Selvogsbanki. $NO_3=0.8(\pm 0.1)*Si+5.6(\pm 0.6)$ ($r^2=0.23$).

fersku vatni næst landi (4.–7. mynd). Í Atlants- sjónum á Faxaflóasniði var hallatalan í línulegri aðfallsgreiningu milli styrks nitrats og kísils 1,1 sem einnig bendir til vaxtar kísilþörunga. Á norðaustur svæðinu var fylgnistuðull í línulegri aðfallsgreiningu á styrk nitrats og styrk kísils 0,57 sem var umtalsvert lægri en á aðliggjandi svæðum og hallatalan var 1,2. Eins og sést á 19. mynd c virðist samband nitrats og kísils á þessu svæði fylgja öðrum ferli en annars staðar við landið. Í maíleiddangri 2002 var mjög mismunandi eftir svæðum hvort gekk fyrr til þurrðar kísill eða níturat. Það voru 1,2 $\mu\text{mól l}^{-1}$ eftir af kísli á norðvestursvæðinu þegar nítратиð var búið en hins vegar um 4 $\mu\text{mól l}^{-1}$ eftir af nítрати fyrir sunnan land þegar allur kísillinn var búinn. Þetta endurspeglar að blómi kísilþörunga í hlýsjónum hefur að öllum líkindum náð að nýta sér megnið af vetrarforða næringarefna meðan kísill var fyrir hendi. Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafs-

son, (1991) sýndu fram á að þegar blómi er af tegundinni *Phaeocystis pouchetti* kemur fram kísilfrávik sem lýsir sér í því að kísilstyrkur er hár miðað við níturat og áberandi hár styrkur kísils verður eftir þegar önnur næringarefni eru uppurin. Þetta gerist einkum á norðvestursvæðinu og gæti útskýrt hvers vegna leif er af kísli þar en ekki á öðrum svæðum.

Framleiðni sem verður fyrir vorblómman er oft áætluð út frá mismuninum á vorstyrk og áætluðum vetrarstyrk nitrats en það hefur verið sýnt fram á (Gardner *et al.*, 1993) að verulegur hluti nýrrar framleiðni geti átt sér stað áður en lagskipting verður í efstu lögum sjávarins. Mælikvarði á nýframleiðslu fæst með því að meta heildarlækkun í styrk næringarefna frá vetri fram á vor/sumar í efstu 100 metrunum og nota svo þekkt hlutföll nitrats og kolefnis (Redfield hlutföll) til að meta frumframleiðnina. Þegar samanburður er gerður á niðurstöðum

mats á nýframleiðni við mælingar á heildarframleiðni þarf að gera ráð fyrir hlutdeild nýframleiðni í heildarframleiðni kolefnis á viðkomandi tímabili (f-hlutfalli). Kristinn Guðmundsson (2003) notaði þessa aðferð til að meta framleiðni í Mjóafirði og fékk á þann hátt gildi sambærileg við það sem aðrir hafa fundið á norðlægum slóðum. Gögnin frá Mjóafirði voru þó takmörkuð við eina stöð og eitt dýpi.

Margir höfundar hafa metið nýframleiðni getu út frá vetrarstyrk nítrats (Garside og Garside, 1993, Sanders et al, 2005) í Norðaustur-Atlantshafi. Það eykur á óvissuna í slíku mati að meta þarf vetrarstyrk næringarefna (Koeve, 2001) sé hann ekki þekktur. Fæstar aðferðir til að meta vetrarstyrk næringarefna taka tillit til þess breytileika sem mismunandi dýpt blandaða lagsins að vetrarlagi veldur (15. mynd). Sanders (2005) mat á þennan hátt frumframleiðni í Irmingerhafi $36 \text{ g C m}^{-2} \text{ ár}^{-1}$, sem er mun lægra en reiknað hefur verið út frá gervihnattagögnum (Falkowski *et al.*, 1998) þegar um $100 \text{ g C m}^{-2} \text{ ár}^{-1}$, var áætlað í Grænlandshafi. Þórunn Þórðardóttir (1994) mældi meðalframleiðni í Atlantshafinum um $150 \text{ g C m}^{-2} \text{ ár}^{-1}$ en lagði ekki mat á nýframleiðni. Því er ljóst að þessar mismunandi aðferðir skila ekki sambærilegum niðurstöðum fyrir ársframleiðni á þessum slóðum.

ÞAKKIR / ACKNOWLEDGEMENTS

Samstarfsmönnum mínum á Hafrannsóknastofnuninni, Magnúsi Danielsen og Héðni Valdimarssyni þakka ég veitta hjálp við vinnu til sjós. Jón Ólafsson, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson lásu yfir handritið og færðu margt til betri vegar.

HEIMILDIR / REFERENCES

- Anon, 2003. Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 96, 36 s.
- Aminot, A. and Kérouel, R., 1998. Pasteurization as an alternative method for preservation of nitrate and nitrite in sea water samples. *Marine Chemistry* 61: 203-208.
- Brzezinski, M.A., 1985. The Si:C:N ratio of marine diatoms: interspecific variability and the effect of some environmental variables. *Journal of Phycology* 21: 347-357.
- Cavander-Bares, K.K., Karl, D.M. og Chisholm, S.W., 2001. Nutrient gradients in the western North Atlantic Ocean: Relationship to microbial community structure and comparison to patterns in the Pacific Ocean. *Deep-Sea Research, Part I* 48: 2373-2395.
- Copin-Montegut, C. og Copin-Montegut, G., 1983. Stoichiometry of carbon, nitrogen and phosphorous in marine particulate matter. *Deep-Sea Research* 30: 31-46.
- De Galan, S., Elskens, M., Goeyens, L., Pollentier, A., Brion, N. og Baeyens, W., 2004. Spatial and temporal trends in nutrient concentrations in the Belgian Continental area of the North Sea during the period 1993-2000. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 61: 517-528.
- Dugdale, R.C. og Goering, J.J., 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary productivity. *Limnology and Oceanography* 12: 196-206.
- Dugdale, R.C. og Wilkerson, F.P., 1998. Silicate regulation of new production in the equatorial Pacific upwelling. *Nature* 391: 270-273.
- Egge, J. K. og Asknes, D.L., 1992. Silicate as regulating nutrient in phytoplankton competition. *Marine Ecology Progress Series* 83: 281-289.
- Falkowski P.G., Ziemann D., Kolber Z. og Bienfang P.K., 1991. Role of eddy pumping in enhancing primary production. *Nature* 352: 55-58.
- Falkowski, P.G., Flagg, C.N., Rowe, G.T., Smith, S.L. Whittedge, T.E. og Wirick, C.D., 1998. The fate of a spring phytoplankton bloom: export or oxidation? *Continental Shelf Research* 8: 457-484
- Gardner, W.D., Walsh, I.D og Richardson, M.J., 1993. Biophysical forcing of particle production and distribution during a spring bloom in the North Atlantic. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 40: 171-195.
- Garside, C. og Garside, J.C., 1993. The "f-ratio" on 20°W during the North Atlantic Bloom Experiment. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 40: 75-90.
- Grasshoff, K., 1970. A simultaneous multiple channel system for nutrient analysis in seawater with analog and digital data record. *Tecnicon Quarterly* 3: 7-17.
- Héðinn Valdimarsson og Svend-Aage Malmber, 1999. Near-surface circulation in Icelandic waters derived from satellite tracked drifters. *Rit Fiskideildar* 16: 23-40.
- Hydes, D.J., Gowen, R.J., Hilliday, N.P., Shammon, T. og Mills, D., 2004. External and internal control of winter concentrations of nutrients (N, P and Si) in north-west European shelf seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59: 151-161.
- Jickells, T.D., 1998. Nutrient Biogeochemistry of the Coastal Zone. *Science* 281: 217-222.
- Jón Ólafsson, 2003. Winter mixed layer nutrients in the Irminger and Iceland Seas, 1990-2000. *ICES Marine Science Symposia* 219: 329-332.
- Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir og Taro Takahashi, 2003: Time series observations of inorganic carbon and nutrients in the Irminger and Iceland Seas. *EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Nice, France, April 2003: Abstract EAE03-A-14234.*

- Koeve, W., 2001. Wintertime nutrients in the North Atlantic - new approaches and implications for new production estimates. *Marine Chemistry* 74: 245-260.
- Koroleff, F. 1970. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *ICES Interlaboratory Report* 3: 19-22.
- Kristinn Guðmundsson, 2003. Blaðgræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.), *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 92: 65-76.
- Louanchi, F. og Najjar, R.G., 2001. Annual cycles of nutrients and oxygen in the upper layers of the North Atlantic Ocean. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 48: 2155-2171.
- Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta* 27: 31-36.
- Oschlies A. og Garçon V., 1998. Eddy-induced enhancement of primary production in a model of North-Atlantic Ocean. *Nature* 394: 266-269.
- Perkins, H., Hopkins, T.S., Malmberg, S.-A., Poulain, P.-M. og Warn-Varnas, A., 1998. Oceanographic conditions east of Iceland. *Journal of Geophysical Research* 103: 21531-21542.
- Redfield, A.C. 1934. On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton. *James Johnstone Memorial Volume, Liverpool*, pp. 176-192.
- Sanders, R., Brown, L., Henson, S. og Lucas, M., 2004. New production in the Irminger Basin during 2002. *Journal of Marine Systems* 55: 291-310.
- Seitzinger, S.P. og Giblin, A.E., 1996. Estimating denitrification in the North Atlantic continental shelf sediments. *Biogeochemistry* 35: 235-260.
- Sólveig Ólafsdóttir og Jón Ólafsson, 1999. Input of dissolved constituents from River Þjórsá to S-Iceland coastal waters. *Rit Fiskideildar* 16: 79-88.
- Takahashi, T., J. Ólafsson, W. Broecker, J. Goddard, J. White og D. Chipman, 1985a. Seasonal variability of the carbon-nutrient chemistry in the ocean areas west and north of Iceland. *Rit Fiskideildar* 9: 20-36
- Takahashi, T., Broecker, W.S. og Langer, S., 1985b. Redfield ratio based on chemical data from Isopycnal surfaces. *Journal of Geophysical Research* 90: 6907-6924.
- Tyrrell, T., og M. I. Lucas, 2002. Geochemical evidence of denitrification in the Benguela upwelling system. *Continental Shelf Research* 22: 2497-2511.
- Unnsteinn Stefánsson, 1962. North Icelandic Waters. *Rit Fiskideildar* 3: 1-269.
- Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991. Nutrients and fertility of Icelandic waters. *Rit Fiskideildar* 12 (3):1-56.
- Waniek, J.J., Holliday, N.P., Davidson, R., Brown, L. og Henson, S.A., 2005. Freshwater control of onset and species composition of Greenland shelf spring bloom. *Marine Ecology Progress Series* 288: 45-57.
- Wells, D.E. et al., 1997. A review of the achievements of the EU project 'QUASIMEME' 1993-1996. *Marine Pollution Bulletin*, 35: 3-17.
- Williams R.G. og Follows M.J., 1998. The Ekman transfer of nutrients and maintenance of new production over the North Atlantic. *Deep-Sea Research* 45: 461-489.
- Þórunn Þórðardóttir, 1994. Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.) *Íslendingar, hafid og auðlindir þess. Vísindafélag Íslendinga, Ráðstefnurit IV*: 65-88.
- Þórunn Þórðardóttir og Unnsteinn Stefánsson, 1977. Productivity in relation to environmental variables in the Faxaflói region 1966-1967. *ICES C.M. 1977/L:34*, 26s.
- 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 ASI Series G, Vol. 7, Springer Verlag, Berlin, pp. 345-360.

Hafrannsóknastofnun. Fjölrit Marine Research Institute. Reports

Þessi listi ásamt öllum texta fjölritanna er nú á Netinu
(This list is with full text of all the reports is now on the Internet)

<http://www.hafro.is/Bokasafn/Timarit/fjoler.htm>

1. **Kjartan Thors, Þórdís Ólafsdóttir:** Skýrsla um leit að byggingarefnum í sjó við Austfirði sumarið 1975. Reykjavík 1975. 62 s. (Ófáanlegt - Out of print).
2. **Kjartan Thors:** Skýrsla um rannsóknir hafsbotnsins í sunnanverðum Faxaflóa sumarið 1975. Reykjavík 1977. 24 s.
3. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Áhrif skolpmengunar á fjöruþörungum í nágrenni Reykjavíkur. Reykjavík 1977. 19 s. (Ófáanlegt - Out of print).
4. **Einar Jónsson:** Meingunarrannsóknir í Skerjafirði. Áhrif frárennslis á botndýralíf. Reykjavík 1976. 26 s. (Ófáanlegt - Out of print).
5. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Stórþari á Breiðafirði. Reykjavík 1979. 53 s.
6. **Karl Gunnarsson:** Rannsóknir á hrossaþara (*Laminaria digitata*) á Breiðafirði. 1. Hrossaþari við Fagurey. Reykjavík 1980. 17 s. (Ófáanlegt - Out of print).
7. **Einar Jónsson:** Líffræðiathuganir á beitusmökk haustið 1979. Áfangaskýrsla. Reykjavík 1980. 22 s. (Ófáanlegt - Out of print).
8. **Kjartan Thors:** Botngerð á nokkrum hrygningarstöðvum síldarinnar. Reykjavík 1981. 25 s. (Ófáanlegt - Out of print).
9. **Stefán S. Kristmannsson:** Hitastig, selta og vatns- og seltubúskapur í Hvalfirði 1947-1978. Reykjavík 1983. 27 s.
10. **Jón Ólafsson:** Þungmálmur í kræklingi við Suðvestur-land. Reykjavík 1983. 50 s.
11. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1987. Aflahorfur 1988. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1987. Fishing Prospects 1988.* Reykjavík 1987. 68 s. (Ófáanlegt - Out of print).
12. Haf- og fiskirannsóknir 1988-1992. Reykjavík 1988. 17 s. (Ófáanlegt - Out of print).
13. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum. Reykjavík 1988. 76 s. (Ófáanlegt - Out of print).
14. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1988. Aflahorfur 1989. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1988. Fishing Prospects 1989.* Reykjavík 1988. 126 s.
15. Ástand humar- og rækjustofna 1988. Aflahorfur 1989. Reykjavík 1988. 16 s.
16. **Kjartan Thors, Jóhann Helgason:** Jarðlög við Vestmannaeyjar. Áfangaskýrsla um jarðlagagreiningu og könnun neðansjávareldvarpa með endurvörpsmælingum. Reykjavík 1988. 41 s.
17. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1987-1988. Reykjavík 1989. 102 s.
18. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem:** *Western Iceland Sea. Greenland Sea Project. CTD Data Report. Joint Danish-Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1987.* Reykjavík 1989. 181 s.
19. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1989. Aflahorfur 1990. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1989. Fishing Prospects 1990.* Reykjavík 1989. 128 s. (Ófáanlegt - Out of print).
20. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1989. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1989. 54 s.
21. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1990. Aflahorfur 1991. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1990. Fishing prospects 1991.* Reykjavík 1990. 145 s.
22. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1990. Reykjavík 1990. 53 s. (Ófáanlegt - Out of print).
23. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1988.* Reykjavík 1991. 84 s. (Ófáanlegt - Out of print).
24. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1989-1990. Reykjavík 1991. 105 s. (Ófáanlegt - Out of print).
25. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1991. Aflahorfur fiskveiðarárið 1991/92. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1991. Prospects for the Quota Year 1991/92.* Reykjavík 1991. 153 s. (Ófáanlegt - Out of print).
26. **Páll Reynisson, Hjálmar Vilhjálmsson:** Mælingar á stærð loðnustofnsins 1978-1991. Aðferðir og niðurstöður. Reykjavík 1991. 108 s.
27. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1989.* Reykjavík 1991. Reykjavík 1991. 93 s.
28. **Gunnar Stefánsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1991. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1991. 60 s.
29. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992. Aflahorfur fiskveiðarárið 1992/93. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1992. Prospects for the Quota Year 1992/93.* Reykjavík 1992. 147 s. (Ófáanlegt - Out of print).

30. **Van Aken, Hendrik, Jóhannes Briem, Erik Buch, Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Sven Ober:** *Western Iceland Sea. GSP Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen and Denmark Strait September 1988 - September 1989.* Reykjavík 1992. 177 s.
31. **Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Reykjavík 1993. 71 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
32. **Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson, Ólafur V. Einarsson:** Útbreiðsla grálúðu við Vestur- og Norðvesturland 1992. Reykjavík 1993. 42 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
33. **Ingvar Hallgrímsson:** Rækjuleit á djúpslóð við Ísland. Reykjavík 1993. 63 s.
34. **Nytjastofnar sjávar 1992/93.** Aflahorfur fiskveiðiárið 1993/94. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1992/93. Prospects for the Quota Year 1993/94.* Reykjavík 1993. 140 s.
35. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1993. Reykjavík 1994. 89 s.
36. **Jónbjörn Pálsson, Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson:** Könnun á útbreiðslu grálúðu fyrir Austfjörðum 1993. Reykjavík 1994. 37 s.
37. **Nytjastofnar sjávar 1993/94.** Aflahorfur fiskveiðiárið 1994/95. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1993/94. Prospects for the Quota Year 1994/95.* Reykjavík 1994. 150 s.
38. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1990.* Reykjavík 1994. 99 s.
39. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1991.* Reykjavík 1994. 94 s.
40. Þættir úr vistfræði sjávar 1994. Reykjavík 1994. 50 s.
41. **John Mortensen, Jóhannes Briem, Erik Buch, Svend-Aage Malmberg:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen, Denmark Strait and Kolbeinsey Ridge September 1990 to September 1991.* Reykjavík 1995. 73 s.
42. **Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. - Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1995. 107 s.
43. **Nytjastofnar sjávar 1994/95.** Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/96. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1994/95 - Prospects for the Quota Year 1995/96.* Reykjavík 1995. 163 s.
44. Þættir úr vistfræði sjávar 1995. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1995.* Reykjavík 1995. 34 s.
45. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1995. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1995. Survey Report.* Reykjavík 1996. 46 s.
46. **Nytjastofnar sjávar 1995/96.** Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1995/96. Prospects for the Quota Year 1996/97.* Reykjavík 1996. 175 s.
47. **Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésón, Jónbjörn Pálsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumarið 1995 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summer 1995 - Survey Report.* Reykjavík 1996. 38 s.
48. **Steingrímur Jónsson:** *Ecology of Eyjafjörður Project. Physical Parameters Measured in Eyjafjörður in the Period April 1992 - August 1993.* Reykjavík 1996. 144 s.
49. **Guðni Þorsteinsson:** Tilraunir með þorsgildrur við Ísland. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1996. 28 s.
50. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir, Þórarinn Arnarson:** Næringarefni í sjó undan Ánanaustum í nóvember 1995. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Reykjavík 1996. 50 s.
51. **Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal:** *Phytoplankton at the Ocean Quahog Harvesting Areas Off the Southwest Coast of Iceland 1994.* Svifþörungur á kúfiskmiðum út af norðvesturströnd Íslands 1994. Reykjavík 1996. 28 s.
52. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1996. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1996. Survey Report.* Reykjavík 1997. 46 s.
53. Þættir úr vistfræði sjávar 1996. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1996.* Reykjavík 1997. 29 s.
54. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir, Guðni Þorsteinsson og Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1996. *Gill-net Survey to Establish Indices of Abundance for the Spawning Stock of Icelandic Cod in 1996.* Reykjavík 1997. 22 s.
55. Hafrannsóknastofnunin: Rannsókn- og starfsáætlun árin 1997-2001. Reykjavík 1997. 59 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
56. **Nytjastofnar sjávar 1996/97.** Aflahorfur fiskveiðiárið 1997/98. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1996/97. Prospects for the Quota Year 1997/98.* Reykjavík 1997. 167 s.
57. Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. Reykjavík 1997. 410 s.
58. **Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson (editors):** *BORMICON. A Boreal Migration and Consumption Model.* Reykjavík 1997. 223 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
59. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. User's Manual.* Reykjavík 1997. 61 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
60. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. Programmer's Manual.* Reykjavík 1997. 215 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
61. **Þorsteinn Sigurðsson, Einar Hjörleifsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur Karvel Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum haustið 1996. Reykjavík 1997. 34 s.
62. **Guðrún Helgadóttir:** *Paleoclimate (0 to >14 ka) of W and NW Iceland: An Iceland/USA Contribution to P.A.L.E. Cruise Report B9-97, R/V Bjarni Sæmundsson RE 30, 17th-30th July 1997.* Reykjavík 1997. 29 s.
63. **Halldóra Skarphéðinsdóttir, Karl Gunnarsson:** Lífríki sjávar í Breiðafirði: Yfirlit rannsókna. *A review of literature on marine biology in Breiðafjörður.* Reykjavík 1997. 57 s.
64. **Valdimar Ingi Gunnarsson og Anette Jarl Jörgensen:** Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar. Reykjavík 1998. 55 s.
65. **Jakob Magnússon, Vilhelmina Vilhelmsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpslóð á Reykjaneshrygg: Könnunar-

- leiðangrar 1993 og 1997. *Deep Water Area of the Reykjanes Ridge: Research Surveys in 1993 and 1997*. Reykjavík 1998. 50 s.
66. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1997. *Gill-net Survey of Spawning Cod in Icelandic Waters in 1997. Survey Report*. Reykjavík 1998. 19 s.
 67. Nytjastofnar sjávar 1997/98. Aflahorfur fiskveiðiárið 1998/99. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1997/98. Prospects for the Quota year 1998/99*. Reykjavík 1998. 168 s.
 68. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsurannsóknir á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1989-1995. Reykjavík 1998. 75 s.
 69. **Jónbjörn Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Hjörleifsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrússon, Kristján Kristinsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumrin 1996 og 1997 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summers 1996 and 1997 - Survey Report*. Reykjavík 1998. 38 s.
 70. **Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal:** Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. *Phytoplankton, a Potential Risk for Shellfish Poisoning. Species Identification and Environmental Conditions*. Reykjavík 1998. 33 s.
 71. **Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1998. *Gill-net survey of spawning cod in Icelandic waters in 1998*. Reykjavík 1998. 19 s.
 72. Nytjastofnar sjávar 1998/1999. Aflahorfur fiskveiðiárið 1999/2000. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1998/1999. Prospects for the Quota year 1999/2000*. Reykjavík 1999. 172 s. (Ófánlegt - Out of print.)
 73. Þættir úr vistfræði sjávar 1997 og 1998. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1997 and 1998*. Reykjavík 1999. 48 s.
 74. **Matthías Oddgeirsson, Agnar Steinarsson og Björn Björnsson:** Mat á arðsemi sandhverfueidis á Íslandi. Grindavík 2000. 21 s.
 75. Nytjastofnar sjávar 1999/2000. Aflahorfur fiskveiðiárið 2000/2001. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1999/2000. Prospects for the Quota year 2000/2001*. Reykjavík 2000. 176 s.
 76. **Jakob Magnússon, Jútta V. Magnússon, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpfiskarannsóknir. Framlag Íslands til rannsóknaverkefnisins EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999. *Deep-Sea Fishes. Icelandic Contributions to the Deep Water Research Project. EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999*. Reykjavík 2000. 164 s. (Ófánlegt - Out of print.)
 77. Þættir úr vistfræði sjávar 1999. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1999*. Reykjavík 2000. 31 s.
 78. dst^2 Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. *QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2000*. Reykjavík 2001. 341 s. (Ófánlegt. - Out of print.)
 79. *Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries*. Co-ordinator: Vilhjálmur Þorsteinsson. Reykjavík 2001. 179 s.
 80. Nytjastofnar sjávar 2000/2001. Aflahorfur fiskveiðiárið 2001/2002. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2000/2001. Prospects for the Quota year 2001/2002*. Reykjavík 2001. 186 s.
 81. **Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir:** Ástand sjávar á losunarsvæði skolps undan Ánanaustum í febrúar 2000. Reykjavík 2001. 49 s.
 82. **Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjór og sjávarnytjar í Héraðsflóa. Reykjavík 2001. 20 s.
 83. Þættir úr vistfræði sjávar 2000. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2000*. Reykjavík 2001. 37 s.
 84. **Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjávarnytjar í Hvalfirði. Reykjavík 2001. 14 s.
 85. Rannsóknir á straumum, umhverfisþáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október 2000. *Current measurements, environmental factors and biology of Reyðarfjörður in the period late July to the beginning of October 2000*. Hafsteinn Guðfinnsson (verkefnisstjóri). Reykjavík 2001. 135 s.
 86. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig R. Ólafsdóttir, Jóhannes Briem:** Ferskvatnsáhrif í sjó við Norðausturland að vorlagi. Reykjavík 2002. 42 s.
 87. dst^2 Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. *QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2001*. Reykjavík 2002. 300 s.
 88. Nytjastofnar sjávar 2001/2002. Aflahorfur fiskveiðiárið 2002/2003. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2001/2002. Prospects for the Quota year 2002/2003*. Reykjavík 2002. 198 s.
 89. **Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Óvind Kaasa:** Ecology of Eyjafjörður project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992-August 1993. Reykjavík 2002. 129 s.
 90. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson, Sigurjón Aðalsteinsson:** Mælingar á brottkasti þorsks og ýsu árið 2001. Reykjavík 2002. 17 s.
 91. **Jenný Brynjarsdóttir:** Statistical Analysis of Cod Catch Data from Icelandic Groundfish Surveys. M.Sc. Thesis. Reykjavík 2002. xvi, 81 s.
 92. Umhverfisaðstaður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Ritstjóri: Karl Gunnarsson. Reykjavík 2003. 81 s.
 93. **Guðrún Marteinsdóttir** (o.fl.): *METACOD: The role of sub-stock structure in the maintenance of cod metapopulations*. METACOD: Stofngerð þorsks, hlutverk undirstofna í viðkomu þorskstofna við Ísland og Skotland. Reykjavík 2003. vii, 110 s.
 94. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson og Sigurjón Aðalsteinsson:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2002. Reykjavík 2003. 29 s.
 95. **Kristján Kristinsson:** Lúðan (*Hippoglossus hippoglossus*) við Ísland og hugmyndir um aðgerðir til verndunar hennar. Reykjavík 2003. 33 s.
 96. Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002. *Environmental conditions in Icelandic water 2001 and 2002*. Reykjavík 2003. 37 s.
 97. Nytjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003/2004. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2002/2003. Prospects for the Quota year 2003/2004*. Reykjavík 2003. 186 s.

98. *dsr² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2002.* Reykjavík 2003. 346 s.
99. **Agnes Eydal**: Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþöruna í Hvalfirði. Reykjavík 2003. 44 s.
100. **Valdimar Ingi Gunnarsson** (o.fl.): Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2002. Reykjavík 2004. 26 s.
101. Þættir úr vistfræði sjávar 2003. *Environmental conditions in Icelandic waters 2003.* Reykjavík 2004. 43 s.
102. Nytjastofnar sjávar 2003/2004. Aflahorfur fiskveiðiárið 2004/2005. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2003/2004. Prospects for the Quota Year 2004/2005.* Reykjavík 2004. 175 s.
103. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2003 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2003. Reykjavík 2004. 37 s.
104. **Ásta Guðmundsdóttir, Þorsteinn Sigurðsson**: Veiðar og útbreiðsla íslensku sumargotssíldarinnar að haust- og vetrarlagi 1978-2003. Reykjavík 2004. 42 s.
105. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson**: Ýsa á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1994-1998. Reykjavík 2004. 44 s.
106. **Kristinn Guðmundsson, Þórunn Þórðardóttir, Gunnar Pétursson**: *Computation of daily primary production in Icelandic waters; a comparison of two different approaches.* Reykjavík 2004. 23 s.
107. **Kristinn Guðmundsson, Kristín J. Valsdóttir**: Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958-1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Reykjavík 2004. 56 s.
108. **John Mortensen**: *Satellite altimetry and circulation in the Denmark Strait and adjacent seas.* Reykjavík 2004. 84 s.
109. **Svend-Aage Malmberg**: *The Iceland Basin. Topography and oceanographic features.* Reykjavík 2004. 41 s.
110. **Sigmar Arnar Steingrímsson, Sólmundur Tr. Einarsson**: Kóralsvæði á Íslandsmiðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar þeim. Reykjavík 2004. 39 s.
111. **Björn Björnsson, Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.)**: Þorskeldi á Íslandi. Reykjavík 2004. 182 s.
112. **Jónbjörn Pálsson, Kristján Kristinsson**: Flatfiskar í humarleidangri 1995-2003. Reykjavík 2005. 90 s.
113. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.**: Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2003. Reykjavík 2005. 58 s.
114. **Kristján Kristinsson, Björn Ævarr Steinarsson og Sigfús Schopka**: Skyndilokanir á þorskveiðar í botnvörpu á Vestfjarðamiðum. Reykjavík 2005.
115. **Erlingur Hauksson** (ritstj). Sníkjuormar og fæða fisks, skarfs og sels. Reykjavík 2005. 45 s.
116. Þættir úr vistfræði sjávar 2004. *Environmental conditions in Icelandic waters 2004.* Reykjavík 2005. 46 s.
117. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2004 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2004. Reykjavík 2005. 37 s.
118. *dsr² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Final report: 1 January 2000 to 31 August 2004. Volume 1.* Reykjavík 2005. 324 s.
119. *dsr² Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Final report: 1 January 2000 to 31 August 2004. Volume 2.* Reykjavík 2005. 194 s.
120. **James Begley**: *Gadget User Guide.* Reykjavík 2005. 90 s.
121. Nytjastofnar sjávar 2004/2005. Aflahorfur fiskveiðiárið 2005/2006. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2004/2005. Prospects for the Quota Year 2005/2006.* Reykjavík 2005. 182 s.
122. **Sólveig Ólafsdóttir**: Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. Nutrient concentrations in Icelandic waters. Reykjavík 2006. 24 s.