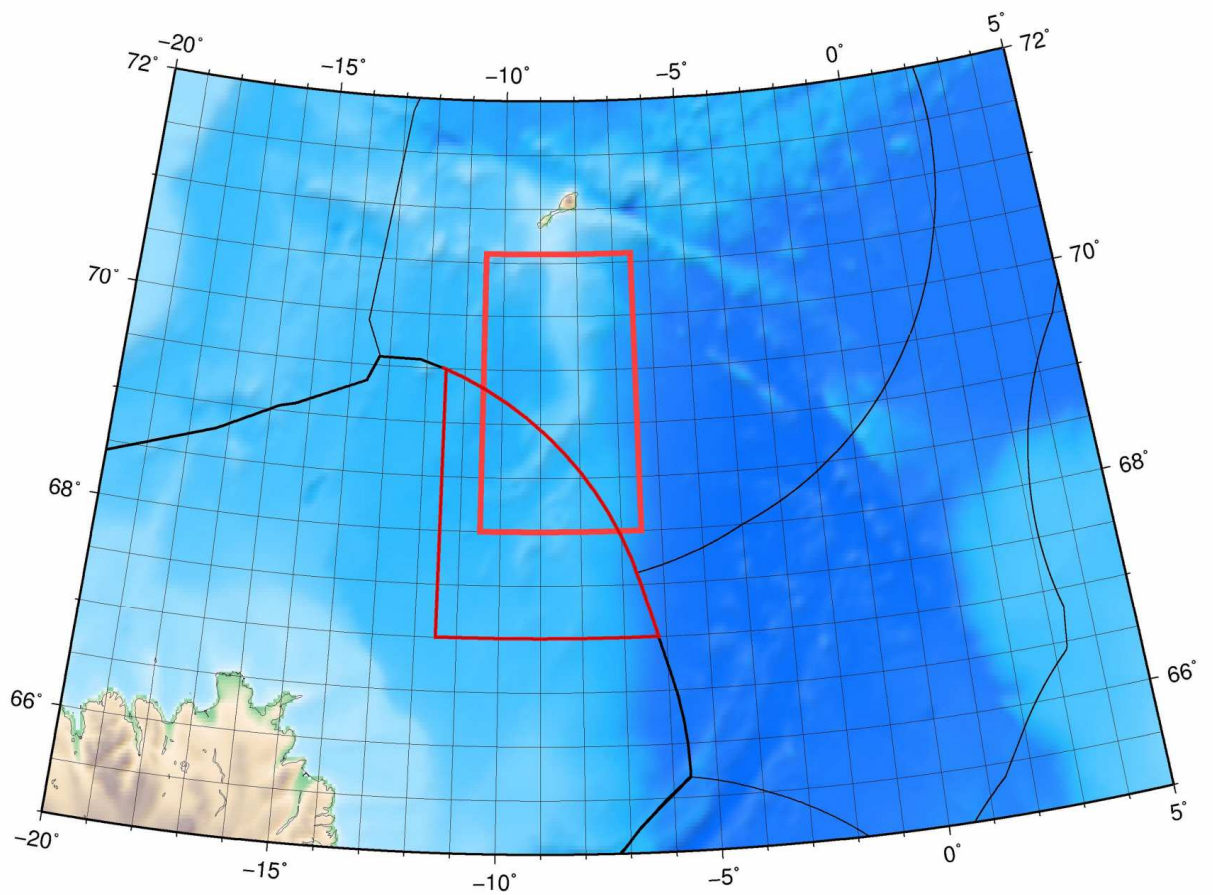


Sjór, lífríki og fiskistofnar á olíuleitarsvæðinu við Jan Mayen



HAFRANNSÓKNASTOFNUNIN
janúar 2007

Efnisyfirlit

INNGANGUR	5
ÁGRIP.....	5
HAFSTRAUMAR OG ÁSTAND SJÁVAR	9
HAFEFNAFRÆÐI	17
SVIFPÖRUNGAR.....	25
DÝRASVIF.....	33
BOTNDÝR	47
LOÐNA.....	53
SÍLD.....	63
HVALIR	69

INNGANGUR

Skýrsla þessi er unnin skv samningi samningi milli Orkustofnunar og Hafrannsóknastofnunarinnar frá júní 2006. Stofnuninni var falið skv. samningnum að taka saman gögn um sjó, sjávarlíf og fiskveiðar vegna fyrirhugaðrar olíuleitar og olíuvinnslu á svæði sunnan við Jan Mayen sem afmarkast af 68° 00' og 70° 00' N breiddar og 6° 30' og 10° 30' V lengdar. Einnig var skoðað svæði sem liggur utan við ofangreindan reit en er innan íslensku lögsögunnar og afmarkast að sunnan af 67° N breiddar, 11° 30' V lengdar en að norðan og austan af bogalínu efnahagslögsögunnar. Þetta svæði hefur verið nefnt Drekasvæði. Gert var yfirlit yfir þau gögn sem til eru um ástand sjávar og strauma, svif og botndýr, fiskistofna og hvali á svæðinu eftir því sem gögn leyfðu.

Gagnasöfnun og skýrsluvinnsla fór þannig fram að skoðaðar voru birtar heimildir um svæðið og þau gögn sem til eru í gagnagrunnum Hafrannsóknastofnunarinnar. Einnig var leitað upplýsinga um þekkingu á sjávarlífi svæðisins hjá sérfræðingum utan stofnunarinnar hér á landi sem erlendis, eftir því sem við átti.

Allmargir starfsmenn Hafrannsóknastofnunarinnar komu að undirbúningi þessarara skýrslu og ber þar helst að nefna: Ástu Guðmundsdóttur (síld), Ástþór Gíslason (áta), Gísli Víkingsson (hvalir), Hafstein Guðfinnsson (plöntusvif), Héðinn Valdimarsson (straumar og ástand sjávar), Hjálmar Vilhjálmsson (loðna), Kristinn Guðmundsson (plöntusvif), Kristján Kristinsson (fiskar), Ólaf Karvel Pálsson (loðna og lífríki), Sigmar Steingrímsson (botndýr), Sólveigu Ólafsdóttur (hafefnafræði), Sveinn Sveinbjörnsson (kolmunni), Þorvald Gunnlaugsson (hvalir) og Karl Gunnarsson sem ritstýrði skýrslunni.

ÁGRIP

Ástand sjávar og straumar

Lítið er til af gögnum um sjófræði og strauma á Drekasvæðinu. Sú mynd sem við höfum af straumakerfi svæðisins og nánasta umhverfis byggir á óbeinum athugunum á eðlisþyndardreifingu og hæð sjávar. Þær athuganir sem gerðar hafa verið á straumakerfi Íslandshafs benda til að fyrir sunnan Jan Mayen sé rangsælis hringstraumur í efri lögum sjávar, sem fær innblöndun af hlýjum atlantssjó frá Noregshafi og köldum sjó norðan úr Grænlandshafi. Vestan úr þessari hringiðu streymir kaldur austur-Íslandsstraumurinn til suðausturs.

Beinar straummælingar vantar sárlega fyrir Drekasvæðið, ef farið verður út í olíuleit og framkvæmdir við olíuvinnslu. Hér er lagt til að gerð verði mæling á svæðinu með ADCP-straummæli, eða svonefndri straumsjá. Straumsjáinn gefur upplýsingar um straum frá botni að yfirborði. Einnig ætti að gera mælingar á skipi (rs Árni Friðriksson) eftir sniði í NA-átt meðfram Jan Mayen hryggnum og síðan öðru sniði þvert á fyrra sniðið. Slík mæling gæfi mat á streymi til suðausturs sunnanvert á svæðinu og hugsanlega streymi meðfram hryggnum til norðausturs og breytileika strauma á svæðinu. Straumsjármæling á skipi þarf að fara fram að sumri eða hausti og væri mjög æskilegt að mæla að minnsta kost tvisvar á árinu. Væri hægt að mæla þegar mæli-lögn er komið fyrir og lögn er tekin upp og einu sinni þess á milli. Jafnframt þyrfti að hafa samstarf við straumlíkanasmiði sem fást við Norðurhöf um samanburð mælinganna við straumlíkön.

Hafefnafræði

Dýpt blandaða lagsins að vetri er háð veðurfarslegum aðstæðum hverju sinni og er talsvert minni í Íslandshafi en í Atlantssjónum sunnan og vestan við landið. Styrkur næringarefna í upphafi gróðurtímabilsins að vori er að sama skapi lægri fyrir norðan. Svífsamfélög og framleiðnigeta þeirra eru talin sýna viðbrögð við breytingum á framboði köfnunarefnis í efri lögum sjávar. Þannig tengjast breytingar á umhverfisskilyrðum framleiðnigetunni.

Plöntusvif

Niðurstöður sýna að frumframleiðni á Íslandsmiðum er mjög breytileg og að á svæðinu norður og norðaustur af norðlenska landgrunninu er einna minnst frumframleiðni svifþörungum á íslenska hafsvæðinu. Mjög fátæklegt svif fannst í námunda við Austur-Íslandsstrauminn, bæði var magn þörungum lítið og fáar tegundir sem fundust. Talningar og greiningar á svifþörungum norðan lands benda til þess að almennt sé tegundasamsetning með öðrum hætti í kalda sjónum norður af landinu en í Atlantssjónum nær landi. Mikil tíðni og úrbreiðsla skýja yfir Drekasvæðinu gerir það erfitt að meta þörungavöxt þar dag frá degi með gervitunglamyndum en með því að setja saman allar tiltækar gervitunglamyndir fyrir hverja viku yfir vaxtartíma þörunganna má fá grófa mynd af framvindu gróðurs í yfirborði á svæðinu frá mars og fram í október. Út frá myndunum og vitneskju um dýptardreifingu þörunganna má hugsanlega reikna frumframleiðni svæðisins. Slíkar athuganir eru tiltölulega ódýrar og gætu gefið gagnlega mynd af frjósemi svæðisins.

Dýrasvif

Segja má að fyrirliggjandi rannsóknir gefi allgóðar upplýsingar um helstu grunneinkenni svæðisins sunnan við Jan Mayen hvað varðar magn og tegundasamsetningu dýrasvifs og langtímabreytingar í lífmassa átu, og því er hér ekki gerð tillaga um að safna frekari gögnum um þau efni í tengslum við fyrirhugaða olíuleit. Í þessu sambandi má einnig benda á, að á Hafranssóknastofnuninni eru til óunnin sýni frá slóðinni, sem hægt er að nýta til að fá ýtarlegri bakgrunnsupplýsingar um magn og tegundasamsetningu ef þörf verður á.

Flestar dýrasvifstegundir hafa mjög takmarkaða hæfileika til að færast úr stað af eigin rammleik, en rekur með straumum. Á úthafssvæðum, þar sem eru tiltölulega ör vatnsskipti, er dýrasvif því ekki heppilegt til að meta staðbundin áhrif mengunar. Flestar dýrasvifstegundir virðast samt sem áður vera mjög viðkvæmar fyrir olíumengun, einkum PAH-efnum. Svifdýrin taka þessi efni til sín, ýmist beint úr sjónum sem uppleyst efni, úr fæðunni, eða með því að éta olíuagnir sem eru álíka stórar og fæðan. Áhrifin sem PAH-efnin hafa á svifdýr eru misjöfn og fara aðallega eftir styrk þeirra. Væg áhrif felast í breytingum á lífsstarfsemi svo sem hegðun, efnaskiptum, vexti, þroska og æxlun, en í alvarlegri tilfellum drepast dýrin.

Í úthafinu leiðir mikil útbreiðsla og mikill vaxtarhraði dýrasvifs, ásamt með tiltölulega örum vatnsskiptum með straumum, yfirleitt til þess að samfélög dýrasvifs ná að jafna sig á tiltölulega skömmum tíma eftir olíumengun. Á hinn bóginn hafa hin svonefndu PAH-efni tilhneigingu til að safnast fyrir í sjávardýrum, þannig að styrkur þeirra verður því meiri sem ofar dregur í fæðuvefnum. Svæðið djúpt norðaustur af landinu er hluti af ætisslóð loðnunnar, sem étur dýrasvif, og því kunna PAH-efnin að flytjast um dýrasvifið til hennar. Áður en hafist verður handa við olíuboranir eða –leit er því æskilegt að safna upplýsingum um magn þessara efna í helstu tegundum á svæðinu. Jafnframt þarf að fylgjast með magni þessara efna í lífverum á svæðinu eftir að boranir hefjast.

Til að afla grunnupplýsinga um núverandi ástand er lagt er til að mæla PAH-innihald í eftirtöldum lykilttegundum, sem allar eru algengar í námunda við olíuleitarsvæðið, áður en hafist verður handa við olíuleit eða boranir: *Calanus finmarchcius*, *C. hyperboreus*, *Oithonaspp.*, *Thysanoessa longicaudata*, *Parathemisto libellula*.

Botndýr

Nokkur sýni eru til af botndýrum á Drekasvæðinu og þau sýna mikinn breytileika eftir botngerð. Verndunargildi botndýrasamfélaga hefur verið metið út frá því hvort um er að ræða

sjaldgæfar lífverur eða viðkvæm búsvæði sem tekur langan tíma að byggja upp á ný. Dæmi um viðkvæm búsvæði í sjónum við Ísland eru kaldsjávarkórallar sem hafa fundist út af Suður- og Vesturlandi. Samkvæmt Alþjóðasamningum (t.d. EES og OSPAR) skuldbindum við Íslendingar okkur til að forðast röskun tiltekinna búsvæða og tegunda sem hafa ótvírátt verndargildi. Meðal botndýra í Norðurhöfum eru margar viðkvæmar dýrategundir sem bundnar eru við botn. Til að meta hættu á slíkri röskun þarf að kortleggja búsvæði á þeim svæðum sem líklegt er að verði fyrir röskun af völdum framkvæmda við olíuleit og olíuvinnslu á Drekasvæðinu. Hentugast yrði að gera nákvæmt kort yfir botngerð og lögun á svæðinu. Út frá slíkum kortum má velja svæði sem líklegt er að hýsi viðkvæm dýr og búsvæði til nánari rannsókna með fjarstýrðum neðansjávarmyndavélum og sýnatökutækjum. Slíkt hefur verið gert með góðum árangri við suðurströnd Íslands og víða annars staðar út í heimi.

Fiskistofnar

Engin gögn virðast til um botnfiska á svæðinu í hvorki í gangagrunnum Hafrannsóknastofnunarinnar né annars staðar. Ekki er þó þar með sagt að ekki séu nýtanlegir botnfiskar á svæðinu, fremur hitt að ekkert er vitað um það. Suður og vestur af Íslandi eru þekktir staðir með svipaðar aðstæður hvað varðar dýpi og botnlögun þar sem veiðanlegir djúpfiskastofnar halda til. Á hinn bóginn er rétt að hafa í huga að botnhiti er talsvert lægri á Drekasvæðinu en á fyrrnefndum svæðum. Einnig er vitað að skammt fyrir austan svæðið er karfi í veiðanlegu magni. Það er því ekki hægt að útiloka að veiðanlegir botnfiskastofnar séu á Drekasvæðinu.

Þrjár stórir stofnar af uppsjávarfiskum eru á svæðinu fyrir norðan land, loðna, síld og kolmunn. Af þessum fiskum eru loðna og síld líkleg til að fara um olíuleitarsvæðið. Kolmunn hefur hins vegar hingað til haldið sig talsvert fyrir sunnan svæðið.

Loðna

Á nokkru árabili á níunda áratug síðustu aldar hélt loðnan sig á fæðuslóð út af Norðurlandi og milli Íslands og Jan Mayen. Á nokkru árabili á níunda áratug síðustu aldar hélt loðnan sig á og nærri olíuleitarsvæðinu við Jan Mayen og var hún veidd þar nokkur haust. Margt bendir til að útbreiðsla og göngur loðnunnar hafi breyst og að á undanförunum árum hafi loðnan haldið sig vestast í Íslandshafi og í Grænlandssundi, fjarri olíuleitarsvæðinu. Ekki er með nokkru móti unnt að segja til um hvort þetta ástand sé tímabundið eða varanlegt. Ekki er heldur unnt að segja til um hvort göngu- og útbreiðslumynstur loðnunar verði með sama hætti og það var á síðustu áratugum 20. aldar, ef það breytist aftur.

Loðnan hefur, að minnsta kosti til skamms tíma, verið langmikilvægasti nytjastofn Íslendinga í Íslandshafi og einnig í nágrenni við fyrirhugað olíuleitarsvæði sunnan við Jan Mayen. Við skipulagningu olíuleitar og vinnslu á svæðinu þarf því sérstaklega að huga að og fyrirbyggja eins og unnt er mögulega röskun á lífskilyrðum loðnunnar og nytjum á henni.

Síld

Norsk-íslensk síld hefur haldið sig sum árin á og í kringum olíuleitarsvæðið við Jan Mayen, þrátt fyrir að ekki hafi mikið verið veitt þar. Í fljótu bragði má ætla að hugsanleg röskun gagnvart fiskum gæti orðið annars vegar vegna bergmálmælinga við rannsóknir og olíuleit og hins vegar vegna þess að olía sleppur út og flýtur á yfirborði. Það eru ekki til nein gögn um að bergmálmælingar hafi neikvæð áhrif á síld. Það er þekkt að olía og olíuefni geta haft áhrif á fiska, þ.e. lírfur þeirra og seiði sem berast með straumum. Ekki er hins vegar vitað til að það hafi skaðað fullorðna síld. Á olíuleitarsvæðinu við Jan Mayen kemur fullorðin síld til fæðuleitar, a.m.k. sum ár, en ólíklegt er að lírfur og seiði berist inn á svæðið. Ekki er því ástæða til að ætla að olíuleit og olíuvinnsla á svokölluðu Drekasvæði komi til með að hafa áhrif á vöxt, viðkomu eða fæðugöngur síldarinnar.

Hvalir

Talsvert skortir á þekkingu á hugsanlegum áhrifum olíuleitar og olíuvinnslu á hvali. Ólíklegt verður að teljast að bein áhrif olíumengunar séu alvarleg en óvissa er um óbein áhrif

s.s. við át á olíumengaðri bráð eða vegna minnkandi fæðu. Ekki hefur verið sýnt fram á alvarlega líkamlega skaðsemi á heyrnarfærum hvala af völdum þessa hávaða eins og virðist geta hlotist af heræfingum á sjó. Rannsóknir hafa hins vegar sýnt að hávaði frá loftbyssum sem notaðar eru við olíuleit eða olíuborun geta haft fælandi áhrif á hvali allt að 20 km frá hljóðupptökum. Ofangreindar vísbendingar gefa tilefni til vöktunar og frekari rannsókna á áhrifum olíuleitar á hvali, sérstaklega á svæðum sem talin eru mikilvæg fyrir afkomu sjaldgæfra tegunda.

Svæðið kringum Jan Mayen er almennt ríkt af hvölum, en þéttleiki flestra tegunda að sumarlagi virðist þó minni á olíuleitarsvæðinu sunnan við Jan Mayen en annars staðar á svæðinu, sérstaklega vestan og norðan eyjarinnar. Algengustu tegundir á svæðinu voru andanefja, langreyður og háhyrningur. Mjög takmarkaðar upplýsingar liggja fyrir um vetrarútbreiðslu hvala, en almennt er talið að stórhvelin (skíðishvalur og búrhvalur) séu aðallega hér við land á tímabilinu maí til október. Þó hafa flestar tegundirnar sést að vetrarlagi við Ísland en líklega er þar um óverulega hluta stofnanna að ræða.

Ljóst er að víðtækar hvalatalningar eins og NASS talningarnar eru ekki til þess fallnar að nema hugsanlegar breytingar á útbreiðslu hvala af völdum starfsemi á svo litlu svæði sem olíuleitararsvæðið er. Til þess þyrfti mun þéttari leitarlínur og tíðari talningar. Líklega væri hagkvæmast að gera slíkar talningar úr flugvél, en einnig má hugsa sér samnýtingu á skipum með öðrum vöktunarleiðöngrum á svæðinu. Í slíkum leiðöngrum mætti einnig safna húðsýnum til erfðagreiningar til að varpa ljósi á stofngerð hvala sem er augljóslega mikilvægt í mati á hugsanlegum áhrifum á stofna.

Niðurlag

Miklar breytingar hafa orðið í lífríki hafsvæðisins milli Íslands og Jan Mayen á undanförunum áratugum. Breytingarnar orsakast af breytilegu jafnvægi milli kaldra strauma að norðan og flæðis Atlantssjávar norður fyrir land út af Vestfjörðum. Þessar breytingar hafa síðan endurspeglast í breytingum sem hafa t.d. orðið á útbreiðslu og göngumynstri síldar á sjöunda áratug 20. aldar og breytinga á göngumynstri loðnu á undanförunum árum.

Lítið er til af gögnum um sjófræði og strauma á Drekasvæðinu. Sú mynd sem við höfum af straumakerfi svæðisins og nánasta umhverfis byggir á óbeinum athugunum á eðlisþyndardreifingu og hæð sjávar. Beinar straummælingar vantar sárlega.

Lífþyngd átu er meiri nálægt Drekasvæðinu en víðast annars staðar í kringum Ísland. Svæðið er mikilvægt fæðusvæði fyrir lífverur sem nærast á dýrasvifi eins og uppsjávarfiska, sérstaklega síldar og hugsanlega loðnu en einnig fyrir hvali.

Nokkur sýni eru til af botndýrum á Drekasvæðinu og þau sýna mikinn breytileika í botngerð og botndýrasamfélögum. Meðal botndýra í Norðurhöfum eru margar viðkvæmar tegundir sem bundnar eru við botn. Hvers konar röskun á botni getur haft alvarlega áhrif á samfélög þessara dýra. Því er nauðsynlegt að kortleggja svæðið sem líklegt er að verði fyrir röskun vegna framkvæmda, sérstaklega með tilliti til viðkvæmra eða sjaldgæfra búsvæða og tegunda.

Engar upplýsingar til um botnfiska á svæðinu. Hluti af skýringunni kann að vera að svæðið er ekki nálægt neinni þekktri veiðislóð og er fremur djúpt. Það er hins vegar möguleiki að þar sé að finna afmarkaða stofna djúpfiska. Slíkir stofnar hafa fundist við svipaðar aðstæður utan við landgrundið suður og vestur af Íslandi.

Þær hvalatalningar sem gerðar hafa verið í nema ekki hugsanlegar breytingar á útbreiðslu hvala af völdum starfsemi á svo litlu svæði sem olíuleitarsvæðið er. Til þess þyrfti mun þéttari leitarlínur og tíðari talningar. Hagkvæmast að gera slíkar talningar úr flugvél en einnig má samnýta skip með öðrum vöktunarleiðöngrum á svæðinu. Í slíkum leiðöngrum mætti einnig safna húðsýnum til erfðagreiningar til að varpa ljósi á stofngerð hvala sem er mikilvægt í mati á hugsanlegum áhrifum á stofna.

HAFSTRAUMAR OG ÁSTAND SJÁVAR

Helland-Hansen og Nansen birtu straumakort af Norðurhöfum 1909 (1. mynd, Helland-Hansen og Nansen 1909). Þá voru hafstraumar þekktir í grófum dráttum í Norður-Grænlandshafi, Noregshafi og Íslandshafi. Kort þeirra félaga er þó sýnu grófast í Íslandshafi og Norður-Grænlandshafi enda eru þessi hafsvæði oft óaðgengileg vegna hafíss og ísingar. Yfirlit yfir yfirborðsstrauma í Íslandshafi má finna í áður nefndum samantektum. Þeir eru einkum Austur-Grænlandsstraumur sem ber með sér pólsjó úr norðri inn á svæðið vestanvert og suður um Grænlandssund. Grein úr Austur-Grænlandsstraumi liggur svo til suðausturs yfir Íslandshafið. Innflæði Atlanssjávar er um Grænlandssund og inná sunnanvert hafsvæðið og síðan liggur grein úr Noregshafi inná hafsvæðið norðaustanvert suður af Jan Mayen (1. mynd). Eins og sjá má á annarri mynd er fyrirhugað olíuleitasvæði í austanverðu Íslandshafi. Þar sem gögn eru almennt af skornum skammti á þessu afmarkaða svæði verður hér rætt nokkuð um hvað er til af athugunum og hver er þekkingin á Íslandshafi almennt.

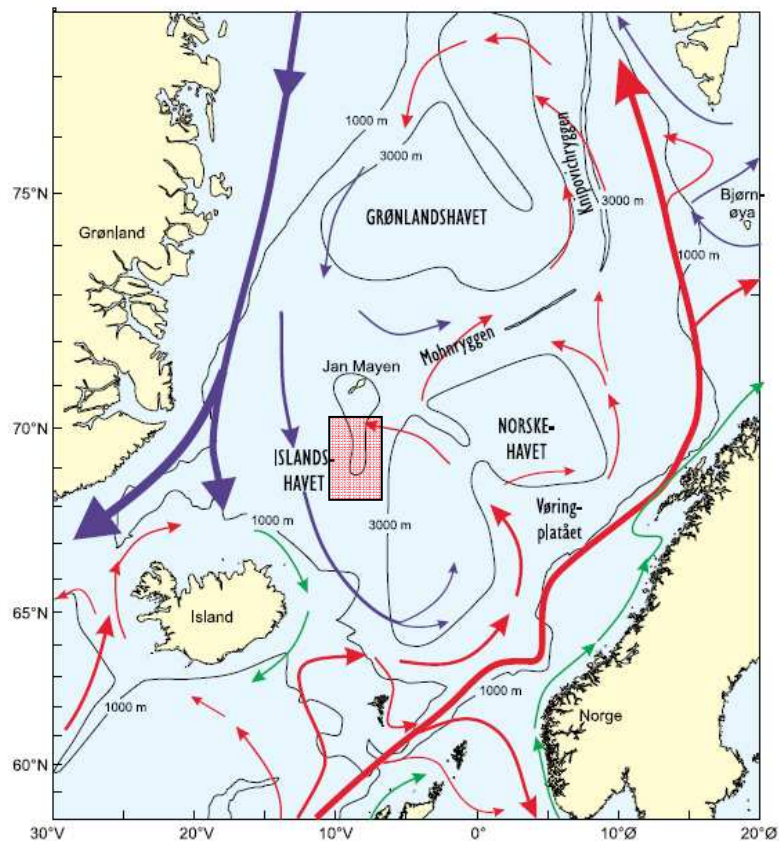


Mynd 1. Straumakort Helland-Hansen og Nansen (1909).

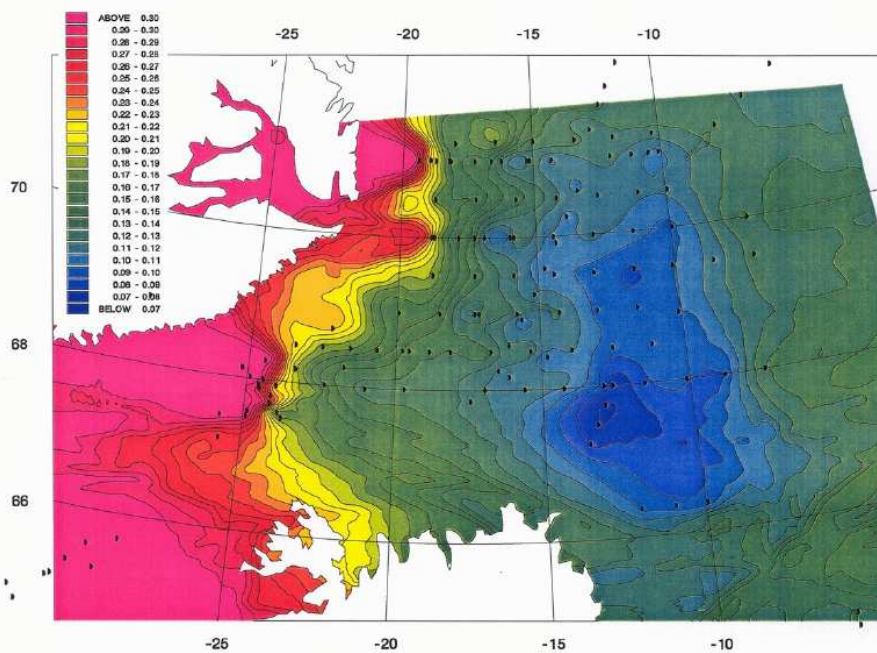
Straumar

Gögn um strauma í norðanverðu Íslandshafi eru ekki mikil. Menn höfðu á árum áður helst upplýsingar um yfirborðsstrauma og stefnur með því að fylgjast með reki skipa og íss. Síðar komu gögn frá rekflöskum og jafnvel rek íseyja norðan úr Íshafi. Í tilraunum Poulain og félaga gerðu á árunum 1990 til 1995 (Poulain o fl. 1996) bárust nokkrir yfirborðsrekar inná á Íslandshaf en en megnið af þeim rekgögnum sem til eru, eru frá austanverðu hafinu.

Nýlegar straumamyndir sýna að heildarstraumakerfið er þekkt í megin dráttum en samt eru myndir af dregnar eilítið mismunandi og þá einkum suður og vestur af Jan Mayen. Heildarmynd af straumum sem sýnir rangsælis streymi umhverfis mesta dýpið er að mestu byggð á dýnamískri hæð sjávar og hafa niðurstöður byggðar á altimetriu styrkt hana (Swift 1980, Swift og Aagaard 1981, Mortensen 2004). Dýnamíska sjávarhæð í Íslandshafi skv Mortensen (2004) má sjá á mynd 3., en útreikningar á henni hafa verið notaðir til þess að meta strauma út frá geóstrófiu (Unnsteinn Stefánsson 1962, Swift 1980) (sjá einnig 4. mynd). Úttekt Mortensen, sem notaðist við gögn frá 1988-1995, sýndi að miðja lægðarinnar í miðju Íslandshafsins hafði færst heldur sunnar miðað við eldri útreikninga, sem gefur mögulega til kynna breytileika svæðisins hvað strauma varðar. Reyndar sýndu rektílraunir á fyrri hluta níunda áratugarins (Poulain o fl. 1996) veikari Austur-Íslandsstraum heldur en tilraunir á seinni hluta níunda ártugarins (Héðinn Valdimarsson og Svend Malmberg 1999), sem vísar til breytileika milli ára og áratuga.

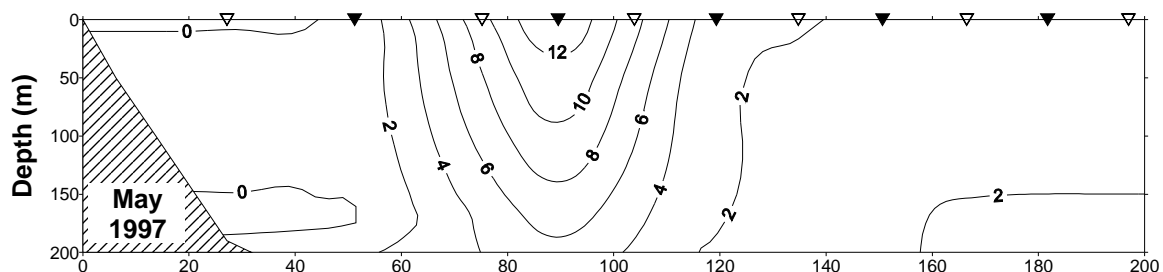


2. mynd Hafstraumar í Norðurhöfum. Skyggt svæði sýnir u.þ.b. áherslusvæði skýrslunnar.



3. mynd. Dýnamísk sjávarhæð í Íslandsshafi. (Mortensen 2004).

Straummælingar voru gerðar í VEINS verkefninu á Langanessniði NA frá 1997-1998. Þessar mælingar hafa verið notaðar til að meta flutning sjávar og ferskvatns með Austur-Íslandsstraumi (4. mynd., Steingrímur Jónsson og Jóhannes Briem 2003). Niðurstöður sýna, svipað og í Austur-Grænlandsstraumi, sterkastan straum yfir landgrunnshlíðinni og veikan óreglulegri straum dýpra.



4. mynd Straumur þvert á Langanes NA snið í maí 1997. Byggt á beinum strauummælingum og geóstrófískum útreikningum. Fjarlægð á láréttum kvarða er í km frá Langanesi (Steingrímur Jónsson og Jóhannes Briem 2003).

Sjávarfallagreining á gögnum úr strauummæli á þessu sniði (á stað 67°30'N og 13°15'V) sýndi að sveifluvidd M2 þáttarins er um 2,5 cm/s og sjávarföllin eru innan við 20% af breytileikanum á þeim stað sem er lítið og bendir til þess að sjávarföll á Drekasvæðinu séu mjög lítil.

Hiti, selta og sjógerðir

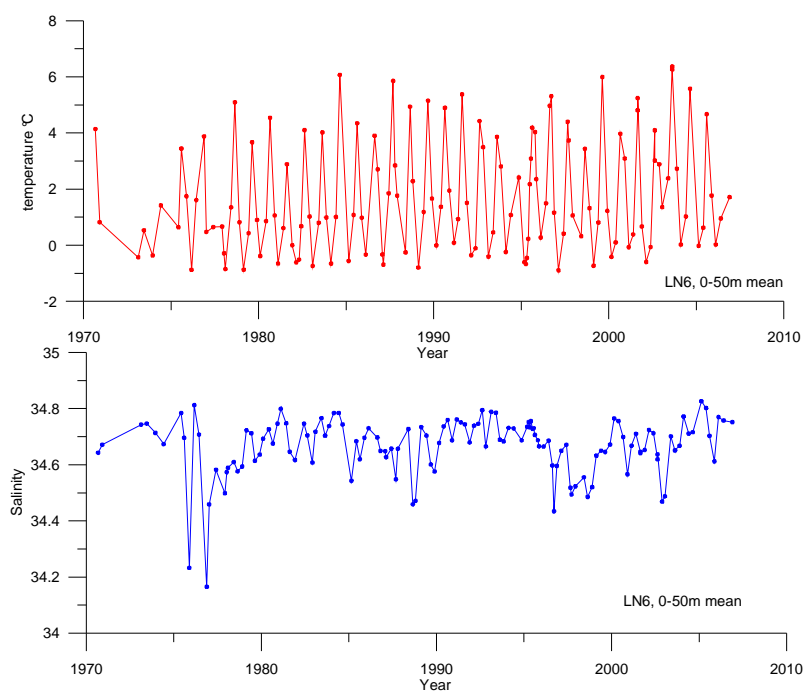
Sjógerðir í Íslandshafi eru í megindráttum botnsjór frá 600 til 1000 m dýpi og niður að botni. Þar fyrir ofan er millisjór. Allnokkur gögn um hita og seltu eru til úr Íslandshafi og má fyrst telja athuganir frá árinu 1974. Sjótakagögn, þar sem hitamælingar og sjósýnataka fer fram á ákveðnum dýpum, eru til úr þeim leiðöngnum eru til í gagnagrunni Hafró. Sondugögn eru til fyrir september 1987 til 1991 úr Greenland Sea Project (GSP) verkefni. Þetta eru þau gögn sem einna mest segja til um breytileika í Íslandshafi milli ára, enda afrakstur markverðrar yfirferðar sem endurtekin var á svipuðum árstíma í fimm ár. Athuganir þessar voru töluvert vestar í Íslandshafinu en Drekasvæðið en eru hér tíundaðar vegna umfangs þeirra.

Niðurstöður sýndu til dæmis að í millisjó (arctic intermediate water) í Íslandshafi, sem kominn er úr Atlantssjó sem sveigir vestur frá Svalbarðastræmi og markaður var með hámarksseltu á 200 til 600 m, var seltan á þessum árum langlægst 1988. Þessi millisjór (millisjór Norðurhafs) flæðir utan við og undir Austur-Grænlandsstraumi suður í gegnum Norður-Grænlandshaf og er oft nefndur “return Atlantic water” eða “Re-circulating Atlantic water” (Blindheim og Oesterhus 2005). Ofan á þessum millisjó í Íslandshafi eru síðan í yfirborðslögum pólsjór úr Austur-Grænlandsstraumi (Polar Water), svalsjór (Arctic Water) og uppá íslenska landgrunninu vetrarsjór sem hvort tveggja er blanda Atlantssjávar og pólsjávar.

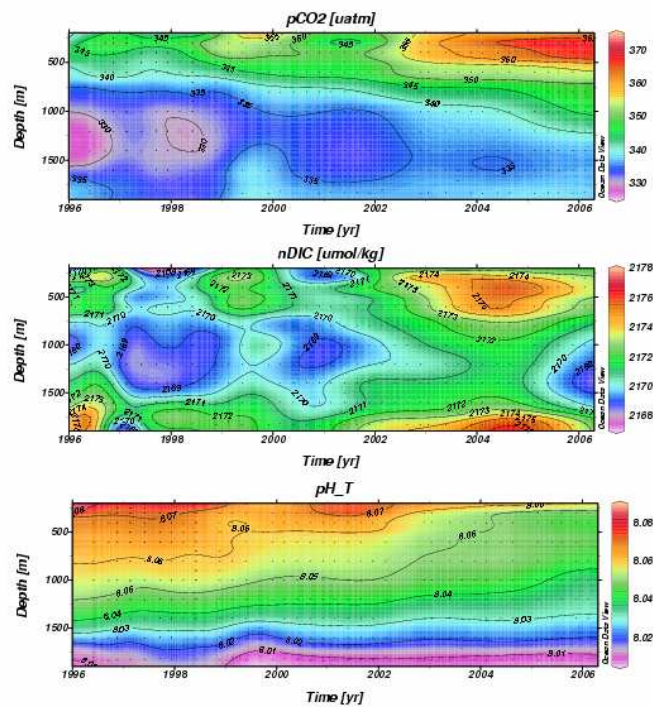
Gögn eru til um hita og seltu frá því um 1970 úr ársfjórðungsleiðöngnum (febrúar, maí, ágúst og nóvember) norður á landgrunnskant á Langanes NA sniði. Vorleiðangurgögn frá maí/júní eru til frá um 1950. Árstíðarbreytileiki er talsverður á nyrstu stöðinni á hinu eiginlega Langanes NA sniði sem er á stað 68°N og 12°40'V og er næst Drekasvæðinu. Sveiflur hita og seltu í 50 m þykku yfirborðslagi eru sýndar á 5. mynd. Á þessari stöð er einnig til styttri tímaröð af ýmsum þáttum sem tengjast kolefnisbúskap sjávar, tímaröð af hlutþrýstingi

kolvísýrings, uppleystu ólífrænu kolefni og sýrustigi sjávar er sýnd á 6. mynd (Þórarinn Arnarson, Jón Ólafsson óbirt gögn).

Gögn um ástand sjávar af landgrunninu norðan við landið hafa ásamt veðurgögnum verið notuð til þess að tengja breytileika ferskvatns í Íslandshafi, sem kemur í mismiklu magni úr Austur-Grænlandsstraumi, við hverfingu (vorticity) vinda yfir Íslandshafi (Steingrímur Jónsson 1992). Álíka niðurstöður fengust fyrir hafið norðar en hverfing vinda (lægðagangur) var þar tengd styrkingu/veikingu hringrásar almennt í Norðurhöfum (Steingrímur Jónsson 1991).

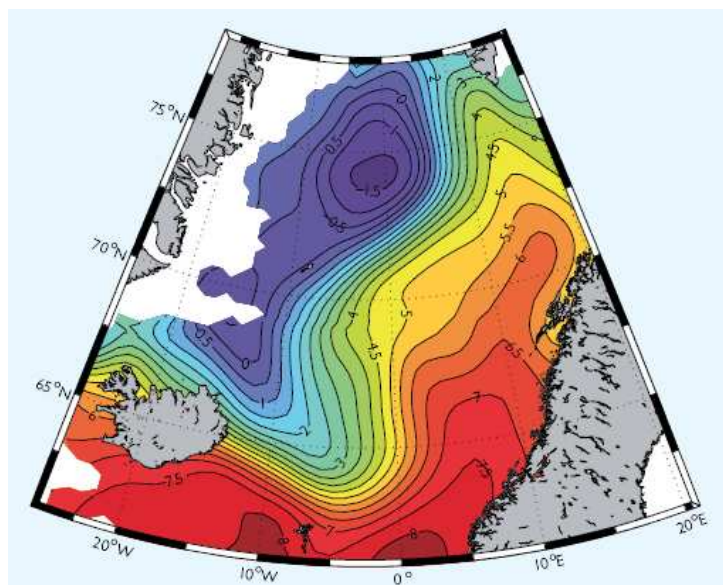


5.mynd. Meðalhiti og -selta 0-50m á stað 68°N og 12°40' V



6.mynd. Hlutþrýsingur CO₂, uppleyst ólífrænt kolefni og sýrustig sjávar, 1998-2006 á stað 68°N og 12°40'V.

Norðmenn fóru nokkra leiðangra í Íslandshaf m.a. í tengslum við loðnumælingar og eru til á Hafrannsóknastofnuninni gögn úr sjórannsóknaleiðangri þeirra í ágúst 1988. Allnokkrir leiðangrar hafa verið gerðir út í leit og til mælinga á norsk-íslensku síldinni á síðustu árum, venjulegast að vori og í byrjun sumars og sýnir 7. mynd meðalhita á 100 m dýpi í Íslands- og Noregshafi í byrjun sumars út frá þessum gögnum.



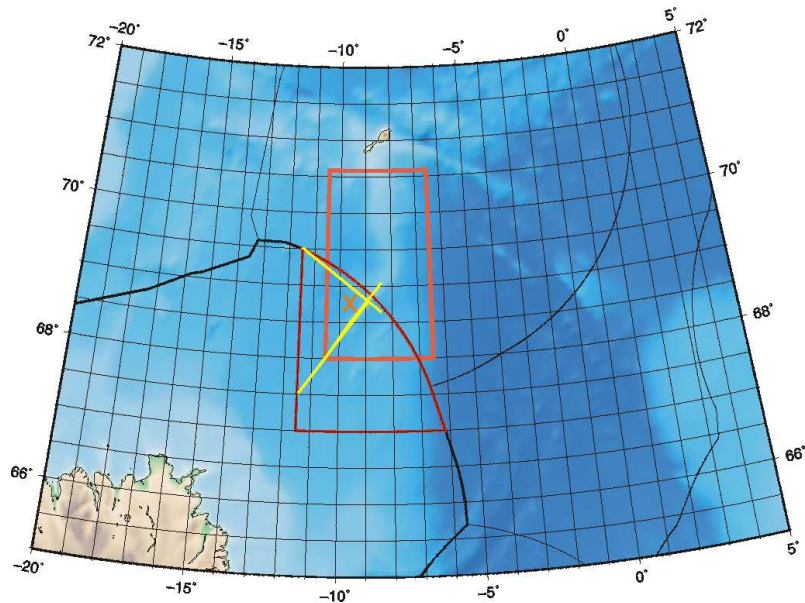
7.mynd. Meðalhiti á 100 m dýpi í byrjun sumars samkvæmt mælingum í síldarleiðöngnum undanfarinna ára. Hafrannsóknastofnunin í Bergen 2006.

Af endurteknum sniðum í gagnagrunni Hafrannsóknastofnunarinnar er það helst Langanes NA snið og stöku sinnum framlenging á því til Jan Mayen sem tengjast Drekasvæðinu. Sniðið var tekið a.m.k. þrisvar fyrir 1960, upp úr 1971 og síðan 1982. Árið 2002 tók rs Knorr snið frá Sléttu til norðurs vestan við Jan Mayen, og eru þessi gögn til á Hafró. Sniðið var jafnframt mælt 2006 í vorleiðangri í maí í tengslum við athuganir á vistfræði loðnu í Íslandshafi.

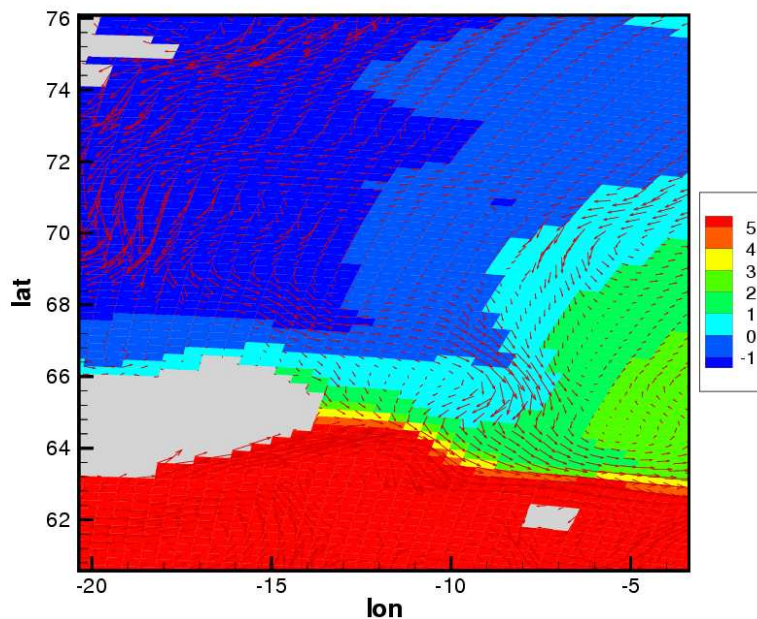
Íslandshaf hefur verið mjög til umfjöllunar um langt skeið sem eitt af þeim svæðum sem mynda þann djúpsjó sem fellur sem foss út um Grænlandssund. Þessu var haldið fram eftir athuganir á rannsóknaskipinu Bjarna Sæmundssyni á áttunda áratugnum. Reyndar var mæld djúpsjávarmyndun í Norður-Grænlandshafi í vetrartúr á Bjarna í febrúar 1971 og mjög svipaðar aðstæður í Íslandshafi á sama tíma (Malmberg 1983). Swift og fleiri (1980) gerðu ítarlega úttekt á sjófræði Íslandshafs 1974 ásamt athugunum næstu ár á eftir, meðal annars með þeim meginniðurstöðum að yfirflæðið væri millisjór (Arctic Intermediate Water) úr Íslandsshafi. Þessi tilgáta var viðurkennd fram á tíunda áratuginn er menn fóru að hallast að því að yfirflæðið kæmi norðan úr Norður-Grænlandshafi (Strass o.fl. 1993). En nýlegar niðurstöður straummælinga norðan Grænlandssunds hafa vakið fyrri tilgátu upp á ný (Steingrímur Jónsson og Héðinn Valdimarsson 2004).

Tillaga að mælingum til þess að nálgast grunnþekkingu á Drekasvæðinu

Hér er lagt til að gerð verði mæling á svæðinu með ADCP-straummæli, eða svonefndri straumsjá. Straumsjáinn gefur upplýsingar um straum frá botni að yfirborði. Leggja ætti mæli við botn og hafa í eitt ár. Leggja þarf ADCP mæli á 500 m dýpi (LR75 kHz) sem mælir straum upp til yfirborðs og á sömu lögn sem nær til botns verður komið fyrir punktmæli á um 1000 m dýpi. Til þess að fanga breytileika í hita og seltu væri æskilegt að koma fyrir hita-seltu-síríta á um 100 m dýpi á sömu lögn. Helst þyrfti svona straumlögn að vera í eitt ár á staðnum. Einnig ætti að gera mælingar á skipi (rs Árni Friðriksson) eftir sniði í NA-átt meðfram Jan Mayen hryggnum og síðan öðru sniði þvert á fyrra sniðið, eins og sýnt er á 8. mynd. Slík mæling gæfi mat á streymi til suðausturs sunnanvert á svæðinu og hugsanlega streymi meðfram hryggnum til norðausturs og breytileika strauma á svæðinu. Sigla þarf eftir sniðunum og mæla með straumsjá og um leið að taka hita- og seltumælingar (CTD) með 15-20 sjómílna bili og þéttar á hryggnum. Þetta er nauðsynlegt til að tengja sjógerðir og straum og jafnframt til þess að kortleggja sjógerðir á svæðinu. Straumsjármæling á skipi þarf að fara fram að sumri eða hausti og væri mjög æskilegt að mæla að minnsta kost tvisvar á árinu. Væri hægt að mæla er mælilögn er komið fyrir og þegar lögn er tekin upp og einu sinni þess á milli. Jafnframt þyrfti að hafa samstarf við straumlíkanasmiði sem fást við Norðurhöf um samiburð mælinganna við straumlíkön, en Hafrannsóknastofnunin er í samstarfi við Bjerknes stofnunina í Bergen í Noregi sem rekur slíkt líkan. Útreiknaður straumur á 20 m dýpi og hitadreifing úr líkani þeirra er sýndur á 9. mynd.



8. mynd. Tillaga að mælingu á straumum og sjógerðum á fyrirhuguðu olfuleitarsvæði. Gulur litur, snið sem sigld eru og rauður kross straummælilögn.



9. mynd. Útreiknaður meðalstraumur í mars mánuði fyrir tímabilið, 1950-2002 skv Bergen Climate Model. (með leyfi Anne-Britt Sandoe, Bjerknes Institute).

Heimildir

Aagaard, K., L.K. Coachman 1968. The East Greenland Current I og II. ARCTIC, Journal of the Arctic Institute of North America 21, No 3.

Blindheim, J., Svein Oesterhus 2005. The Nordic Seas: Main oceanographic features. The Nordic Seas: An Integrated Perspective, AGU Monograph Series 158, 370 s.

- Buch, E, S-A Malmberg, Stefán Kristmannsson 1996. Arctic Ocean deep water masses in the western Iceland Sea. *Journal of Geophysical Research* 101, 11,965-11,973.
- Drange, Dokken, Furevik, Gerdes, Berger ritsj. 2005. *The Nordic Seas: An integrated perspective*. AGU Monograph Series 158, 370 s.
- Helland-Hansen, B., F. Nansen. 1909. *The Norwegian Sea. Its physical oceanography based upon the Norwegian researches 1900-1904. Report on Norwegian Fishery and Marine Investigations, Vol. II, Part I, No. 2*, 390 s.
- Héðinn Valdimarsson, Svend-Aage Malmberg 1999. Near-surface circulation in Icelandic waters derived from satellite tracked drifters. *Rit Fiskideildar* 16, 23-39.
- Mortensen, J. 2004. Satellite altimetry and circulation in the Denmark Strait and adjacent seas. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrít*. 108, 90s.
- Poulain P-M, A. Warnas, P.P. Niiler 1996. Near surface circulation of the Nordic Seas as measured by Lagrangian drifters. *Journal of Geophysical Research*, 101, C8.,18237-18258.
- Steingrímur Jónsson 1991. Seasonal and interannual variability of wind stress curl over the Nordic Seas. *Journal of Geophysical Research* 96, 2649–2659.
- Steingrímur Jónsson, 1992. Sources of fresh water in the Iceland Sea and the mechanisms governing its interannual variability. *ICES Marine Science Symposia* 196, 62–67.
- Steingrímur Jónsson, Jóhannes Briem 2003. The transport of water and fresh water with the East Icelandic Current. *ICES CM* 2003/T:05.
- Steingrímur Jónsson, Héðinn Valdimarsson 2004. A new path for the Denmark Strait overflow water from the Iceland Sea to the Denmark Strait. *Geophysical Research Letters*, 31, L03305.
- Swift, J.H. 1980. *Seasonal processes in the Iceland Sea*. Ph.D. Thesis, University of Washington, 296 s.
- Swift, J.H., Knut Aagaard, Svend-Aage Malmberg 1980. The contribution of the Denmark Strait overflow to the deep North Atlantic. *Deep-Sea Research* 27, 29-42.
- Swift, J.H., Knut Aagaard 1981. Seasonal transitions and water mass formation in the Iceland and Greenland Seas. *Deep Sea Research* 28, 1107-1129.
- Unnsteinn Stefánsson 1962. *North Icelandic Waters*. *Rit Fiskideildar* 3, 1-269.
- Unnsteinn Stefánsson 1999. *Hafið*, Háskólaútgáfan 480 s.

HAFEFNAFRÆÐI

Fyrirliggjandi gögn

- Vorleiðanngar, aftur til 1950, næringarefni og plöntusvif á hefðbundnum stöðvum á og skammt norður fyrir landgrunnið.
- 1982 Næringarefni á Langanes NA sniði til Jan Mayen og til baka vestan við Kolbeinseyjarhrygg (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991).
- 1987-89 GSP: Næringarefni og súrefni á sniðum í vestari hluta í Íslandshafi og við A-Grænland.
- 1994: Árstíðabundnar mælingar á 4 stöðvum í Íslandshafi: næringarefni, kolefni og súrefni auk blaðgrænu (HPLC).
- 1983-2006: Ársfjórðungslegar mælingar á stöð 6 á Langanessniði NA á CO₂, N, P, Si, O₂ o.fl
- Grænlandssund: Gögn úr ýmsum leiðöngrum 1991-1999, aðallega næringarefni en einnig kolefni.
- Setgildrugögn frá Langanessniði NA, stöð 6 í ca 20 ár.
- (Afmörkun sérsvæðis: 67° 20' N til 69° 30' N, 8° V til 11° V)

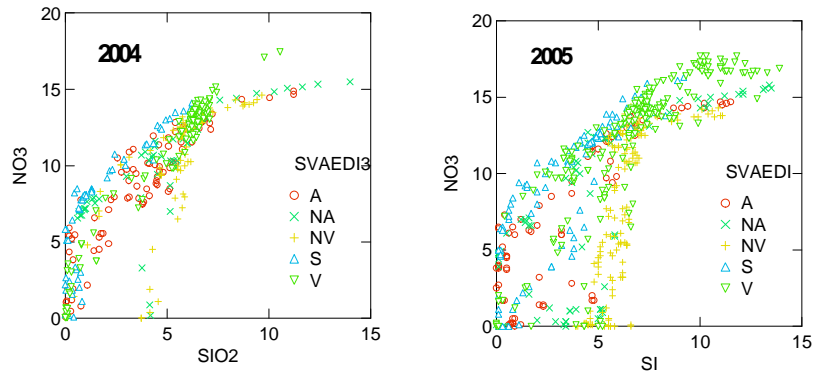
Næringarefni

Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson (1991) gerðu grein fyrir helstu niðurstöðum næringarefnarannsóknna úr vorleiðöngrum fram til 1990. Einnig var grein gerð fyrir mælingunum á sniðum sem ná til Jan Mayen frá árinu 1982. Þar kemur fram að talsverður breytileiki er milli ára á ástandi sjávar m.t.t. næringarefna þar sem breytilegt innflæði Atlantssjávar inn á norðurmið hefur mikið að segja. Breytingar verða á styrk næringarefna vegna upptöku við ljóstillífun og síðan endurnýjunar og er hlutfallið á upptöku nítrats og fosfats, N/P, fyrir norðan land, byggt á meðaltali árána 1974-1981, 14,2. Sambandið milli styrks nítrats og fosfats sýnir að þegar nítrat er uppuríð að þá eru um 0,2 $\mu\text{mól L}^{-1}$ eftir af fosfati í lausn í Íslandshafi (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991). Þetta bendir til þess að frumframleiðni takmarkist af nítratstyrk. Árið 2002 voru næringarefni mæld á öllum árstímum á öllum föstum stöðvum og þær niðurstöður benda til að þetta hlutfall hafi breyst lítillega (Sólveig R. Ólafsdóttir 2006) og að minni leif var af fosfati en áður. Einnig er munur á styrk næringarefna í yfirborðslögum austan og vestan megin Kolbeinseyjarhryggjarins þar sem styrkurinn er hærri vestan megin og er munurinn allt að 2 $\mu\text{mól L}^{-1}$ fyrir nítrat og 2-3 $\mu\text{mól L}^{-1}$ fyrir kísil.

Sambandið milli styrks nítrats og fosfats er línulegt og lítið breytilegt eftir sjógerðum utan að meiri leif er af fosfati í pólsjó en í öðrum sjógerðum og ef pólsjór blandast öðrum sjógerðum verður hallatalan í línulegu sambandi nítrats og fosfats hærri en annars finnst (Jón Ólafsson *ofl.* 2003). Á svæðum einkum fyrir norðvestan þar sem blöndunar við pólsjó gætir, sjást þessi áhrif í hækkuðu $\Delta\text{N}/\Delta\text{P}$ hlutfalli. Munur er á $\Delta\text{N}/\Delta\text{P}$ hlutfalli árið 2002 og meðaltali árána 1974 til 1981 (Sólveig R. Ólafsdóttir 2006). Örugg skýring á þessum mun liggur ekki fyrir en hann þýðir í raun að styrkur nítrats hefur aukist umfram styrk fosfats. Breytileg útbreiðsla sjógerða frá ári til árs kann að vera hluti skýringarinnar. Einnig kann tímasetning vorleiðangursins að skipta máli en farið var fyrir í maíleiðangur árið 2002 en á árunum 1974-1981.

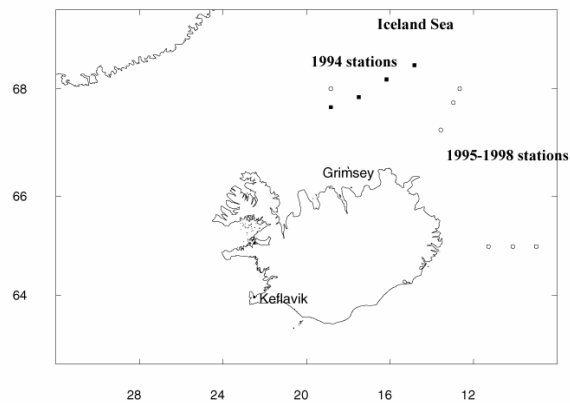
Hlutföll milli styrks nítrats og fosfats eru vel þekkt (Redfield hlutföll) en breytingar á styrk uppleysts kísils og annarra næringarefna eru ekki eins vel skilgreind. Fosfat og nítrat eru notuð í jöfnum hlutföllum af öllum tegundum svifþörungum en svo til einungis kísilþörungar nýta uppleystan kísil við ljóstillífun. Mikill breytileiki getur verið milli ára á sambandi nítrats og kísils sem tengdur hefur verið blóma tegundarinnar *Phaeocystis pouchetti* og er þá

kísilstyrkur hár miðað við nítrat þegar þessi tegund nær að blómstra og áberandi hár styrkur kísils verður eftir þegar önnur næringarefni eru uppurin. Þetta gerist einkum á norðvestursvæðinu. Dæmi um hinn mikla breytileika sem er á upptöku kísils má sjá milli ára 2004 og 2005 (1. mynd). Vorið 2005 hafði kísilstyrkur nær ekkert lækkað á meðan nítrat var nær uppuríð á stóru svæði fyrir norðvestan og norðan land en árið 2004 höfðu þessi næringarefni verið nýtt jöfnum höndum. Ástand sjávar vorið 2005 einkenndist af stöðugri lagskiptingu vegna lágrar seltu í yfirborði en veturinn á undan var haffs á þessu svæði.

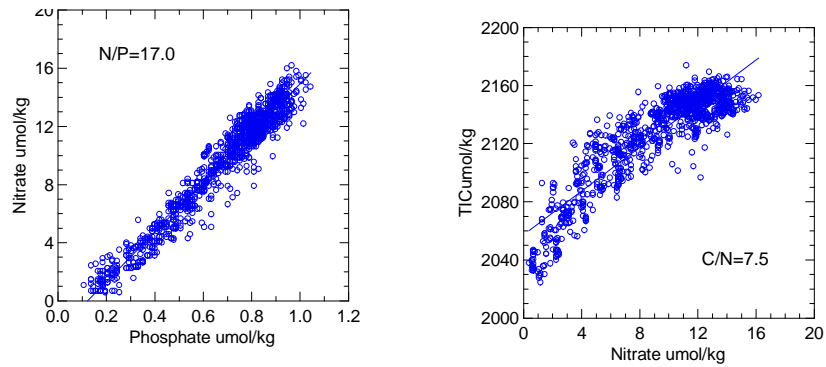


1. mynd. Samband nítrats og kísils í vorleiðangri árið 2004 og 2005. Árið 2005 var áberandi hár styrkur kísils á norðvestursvæðinu þegar verulega hafði gengið á vetrarforða nítrats.

Á árinu 1994 voru farnir 12 leiðangrar í Íslandshaf (2. mynd) þar sem árstíðabundnir eiginleikar ólífræns kolefnis og næringarefna ásamt súrefni voru rannsakaðir. Á árunum 1995 og 1996 voru farnir 10 leiðangrar norðaustur af landinu með svipaðri sýnasöfnun.

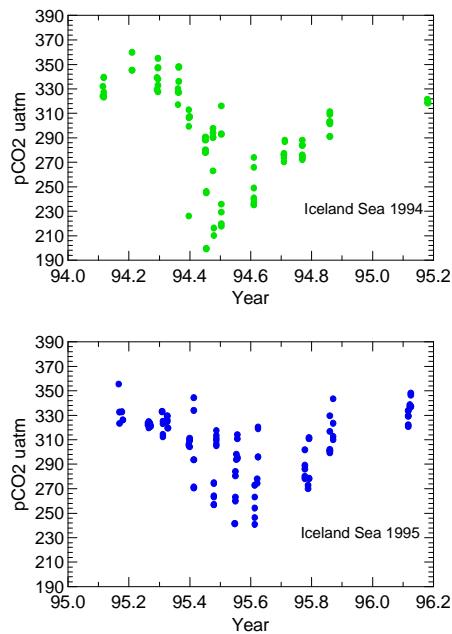


2. mynd. Stöðvar í Íslandshafi þar sem kolefnissýnum var safnað árin 1994-1998.

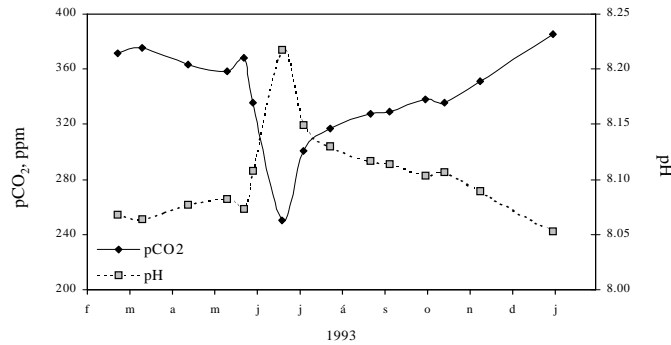


3. mynd. Samband nítats og fosfats og heildar ólífræns kolefnis og nítats í Íslandshafi árið 1994

Breytingar á styrk næringarefna vegna áhrifa lífríkisins fylgja Redfield hlutföllum með hallatölu um 17 fyrir Íslandshaf árið 1994 (3. mynd a). Þessi háa hallatala og frávik frá línulegu sambandi milli heildar ólífræns kolefnis og nítats (3. mynd b) benda til áhrifa frá Pólsjó í Íslandshafi. Ársferlar kolefnis sýna að það er áramunur á því hve mikil upptakan er af koltvíoxíði. Þannig var hún mikil árin 1994, 1996 og 1997 en lægri árið 1995. Árið 1995 var óvenjulega kalt og þá saúst litlar árstíðabreytingar í hlutþrýstingi CO₂ í yfirborðinu og því lítil upptaka af því eða um 20 % minni en árið á undan (4. mynd). Hlutþrýstingur CO₂ (p CO₂) er tengdur sýrustigi sjávarins og fer pH hækkandi þegar pCO₂ fer lækandi (5. mynd). pH fylgir því ársferli líkt og ólífrænt kolefni (Jón Ólafsson 2005).



4. mynd. Árstíðabreytingar á hlutþrýstingi CO₂ við yfirborð sjávar í Íslandshafi a) árið 1994 og b) árið 1995



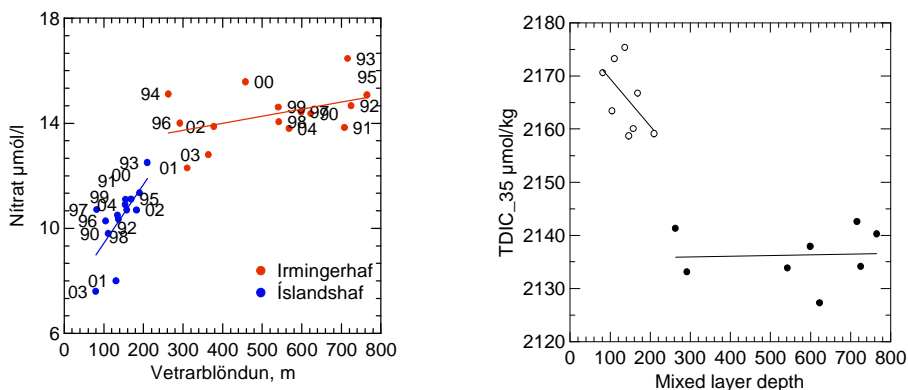
5. mynd. Ársferlar sýrustigs og pCO₂ í Irmingerhafi árið 1993. Svipaður ferill fæst í Íslandshafi

Þær breytingar sem þegar hafa orðið á styrk kolefnis á stöð 9 á Faxaflóasniði þar sem langtímarannsóknir fara fram sýna að nú þegar hafa orðið breytingar á sýrustigi sem nema um 2/3 hlutum árstíðasveiflunnar og að með sama áframhaldi tekur það fáeina áratugi að breyta pH sjávar það mikið að hámarkið í árssveiflunni verði lægra en lágmarkið var fyrir tíma iðnvæðingar. Líklegt er talið að áhrif þessa á lífríki komi fyrst fram hjá kalkmyndandi lífverum eins og kóröllum og sumum svífdýrum og þörungum.

Árin 1993-1995 voru gerðar rannsóknir þar sem koltvíoxíð í sjó við Ísland var mælt mánaðarlega yfir heilt ár (Jón Ólafsson og Sólveig R. Ólafsdóttir 2003). Á grundvelli gagna um árstíðabreytingar á styrk koltvíoxíðs frá árunum 1993-1995 var flæði koltvíoxíðs á ársgrundvelli metið og þá fæst að í Irmingerhafi er upptakan um 5,1 g C m⁻² ár⁻¹ (gögn frá 1993) og í Íslandshafi 57,4 g C m⁻² ár⁻¹ (1994) og 46,4 g C m⁻² ár⁻¹ (1995). Kaldi sjórinn fyrir norðan land tekur því við um það bil 10 sinnum meira kolefni á ári heldur en hlýi sjórinn sunnan við landið.

Í gögnum frá 1982 (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson 1991) kemur fram að munur er á styrk næringarefna í djúplögum sjávar austan og vestan megin Kolbeinseyjarhryggjarins, þar sem styrkurinn er hærri vestan megin. Sama kemur einnig fram í gögnum frá Norðmönnum (Blindheim og Rey 2004).

Lítið hefur verið fjallað um næringarefnagögn úr GSP leiðöngrunum utan að fjallað var um nítrat í einni grein (Eric Buch, ofl. 1996).



6. mynd. Samband vetrarstyrks nítrats og heildar ólífræns kolefnis (TDIC normaliserað að seltu 35) í lok vetrar í Íslandshafi og Irmingerhafi við dýpt blandaða lagsins að vetri.

Langtímarannsóknir á næringarefnum

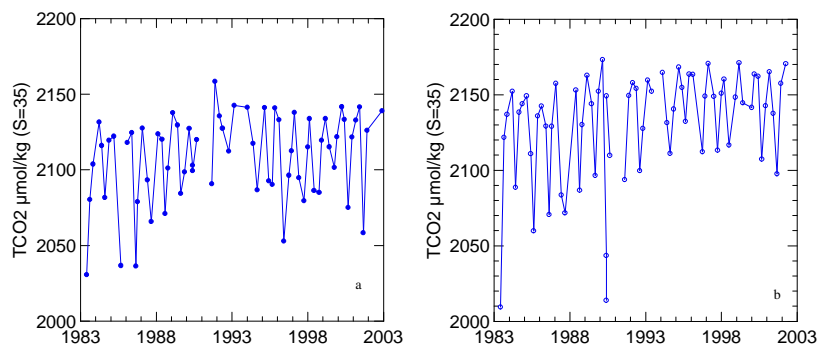
Styrkur næringarefna í lok vetrar sem er sá styrkur sem plöntusvifi stendur til boða við upphaf framleiðinnar er háður dýpt blandaða lagsins að vetrarlagi (6. mynd). Þessi hluti

framleiðninar sem byggir á vetrarforða næringarefnanna er kallaður nýframleiðni (“new production” til aðgreiningar frá “recycled production”) og einungis hún skiptir máli fyrir brottflutning kolefnis frá yfirborðslögum (biological pump). Fyrir Íslandshaf má útskýra um 65% breytileikans í vetrarstyrk nitrats með breytingum á dýpt blandaða lagsins (Jón Ólafsson 2003). Dýpt blandaða lagsins að vetri er háð veðurfarslegum aðstæðum hverju sinni og er talsvert minni í Íslandshafi en í Atlantssjónum sunnan og vestan við landið. Styrkur næringarefna í upphafi gróðurtímabilsins að vori er að sama skapi lægri fyrir norðan. Svífsamfélög og framleiðni geta þeirra eru talin sýna viðbrögð við breytingum á framboði köfnunarefnis í efri lögum sjávar. Þannig tengjast breytingar á umhverfisskilyrðum framleiðni getunnar.

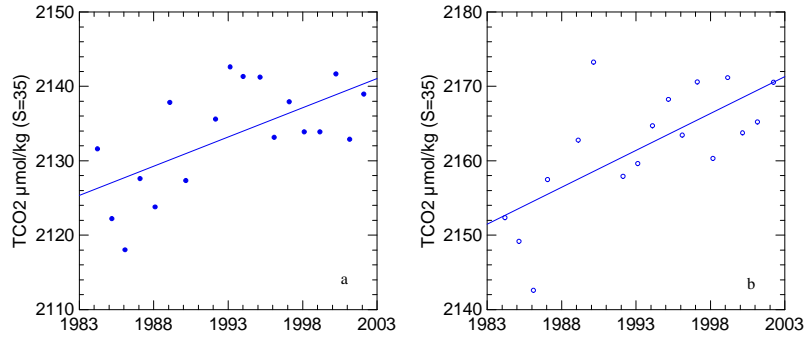
Mælingar á kolefni á Langanessniði

Rannsóknir á koltvíoxíði og ólífrænu kolefni í sjó hafa farið fram ársfjórðungslega sunnan og norðan landsins frá 1983. Koltvíoxíðstyrkur andrúmsloftsins vex jafnt og þétt vegna áhrifa frá athöfnum mannsins. Höfin taka upp hluta af þessari aukningu koltvíoxíðs í andrúmsloftinu. Af nettó upptöku heimshafanna á koltvíoxíði úr andrúmslofti, er um 60% í Atlantshafinu norðan 50° N, en miklu skiptir að geta metið þá þætti sem ráða flutningi þess úr yfirborðssjó í djúpsjó og hvort þeir þættir séu að breytast (Jón Ólafsson og Sólveig R. Ólafsdóttir 2003). Kolefnisflutningur milli lofts og sjávar verður einungis við yfirborð og en ef lóðrétt blöndun verður í sjónum flyst kolefnið í dýpri lög sjávar. Lóðrétt blöndun og djúpsjávarmyndun á sér stað í Íslandshafi. Með tímaröð um styrk kolefnis, súrefnis, næringarsalta og hita- og seltueiginleika sjávar í Íslandshafi fást gögn til að meta kolefnisbúskap svæðisins.

Tímaraðir Hafrannsóknastofnunarinnar á heildarstyrk ólífræns kolefnis í yfirborði Irmingerhafs og Íslandshafs (9. stöð á Faxaflóasniði og 6. stöð á Langanessniði NA) eru sýndar á 7. mynd. Gögnin eru umreiknuð til seltu 35 til að eyða sveiflum vegna seltubreytinga. Þau sýna ársfjórðungslegar mælingar í um 20 ár. Glögglega sjást árstíðabreytingar á styrk koltvíoxíðs í sjónum, en hann lækkar á vorin vegna upptöku kolefnis í lífræna vefi við tillífun svifþörunga. Hæstu gildin eru á veturna þegar dýpt blandaða lagsins vex og auk þess vex leysni koltvíoxíðs í sjó þegar sjórinn kólnar.

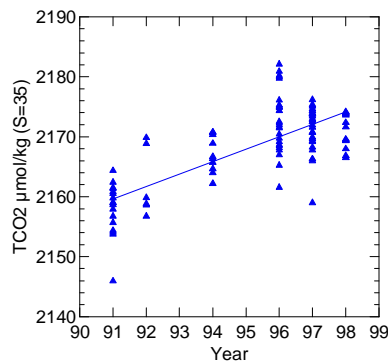


7. mynd. Tímaraðir á heildar ólífrænu koltvíoxíði við yfirborð á árunum 1983-2002 í a) Irmingerhafi og b) Íslandshafi.



8. mynd. Þróun á vetrargildum heildar ólífræns koltvíoxíðs í yfirborði á árunum 1983-2002 í a) Irmingerhafi og b) Íslandshafi.

Rannsóknir á skilyrðum í yfirborðslögum sem framkvæmdar eru ársfjórðungslega sýna miklar árstíðasveiflur þar sem lækkun á styrk ólífræns kolefnis vegna upptöku í lífræna vefi verður á vorin eða snemma sumars. Lámargildi á styrk ólífræns kolefnis fellur saman við hámarksblóma svifþörungna en það er skammvinnt ferli og þær sveiflur sem sjást á styrknum eru því að öllum líkindum minni en raunveruleg sveifla er yfir árið ef vormælingin fellur ekki saman við hámarkið í blómanum (6. mynd).



9. mynd. Þróun á styrk heildar ólífræns kolefnis (TCO₂) í djúplögum á LN6 á árunum 1991-1998

Langtímabreytingar í yfirborðslaginu eru metnar út frá athugunum um miðjan vetur þegar frumframleiðni er í lágmarki og lóðrétt blöndun á sér stað (8. mynd a og b). Halli línanna gefur til kynna árlega styrk aukningu $0,79 \pm 0,24 \mu\text{mól kg}^{-1} \text{ár}^{-1}$ í Irmingerhafi og $0,99 \pm 0,26 \mu\text{mól kg}^{-1} \text{ár}^{-1}$ í Íslandshafi. Þá hafa rannsóknir sýnt að styrkur heildar ólífræns kolefnis fer einnig vaxandi í djúplögum sjávar (9. mynd) og mælingar á heildar ólífrænu kolefni frá LN6 sýna að styrkur þess óx í djúpsjónum á tímabilinu 1991 – 1998 eða um $2,08 \pm 0,19 \mu\text{mól kg}^{-1}$ (6. mynd). Þetta er um tvöfalt meira en aukningin er í yfirborðinu.



10 mynd. SeaWiFS mynd (samsett) frá 18. júní 1999 til 31. júlí 1999. Blómi kalksvifþörungsins *Coccolithus pelagicus* (ljósblátt) náði yfir um 30 þúsund ferkílómetra. Miðja blómans var á um 70.23°N, 9.75°W, eða um 120 mílum frá LN6 (stjarna).

Setgildrugögn frá Langanessniði

Setgildra hefur verið safnast í Íslandshafi (á stöð LNA-6 skammt vestan við sunnanvert Drekasvæði) frá 1986 og er mæliröðin til 2000 ein sú lengsta af þessu tagi sem til er. Í setgildrum safnast efni sem sáldrast úr yfirborðslögum sjávar. Rannsóknir með setgildrum hafa veitt upplýsingar um líffræðilega ferla í yfirborðslögum sjávar, sökkhraða efna og breytingar sem verða á efnasamsetningu á leið til botns. Með þessum rannsóknum fást gögn um ársferla og verða þau mikilvæg til samanburðar við gögn úr rannsóknum á sviflífverum í yfirborðslögum (Vorleiðangri). Í rannsóknum þessum hafa komið fram atburðir í Íslandshafi, kalksvifþörungablómi (10. mynd), sem annars hefði ekki verið tekið eftir. Fyrir árið 1997 höfðu að mestu safnast kísilþörungar en árið 1999 varð mikill blómi kalksvifþörungum.

Sporefni

Í Íslandshafi hafa verið gerðar mælingar á ýmsum efnum í upplausn. Einkum á sporefnum ýmiss konar en tilgangurinn með þeim mælingum er einkum að meta blöndun og útbreiðslu sjógerða. Fyrstu gögn sem þannig liggja fyrir eru úr verkefni sem kallaðist „Transient Tracers in the Ocean“ (TTO), en það gagnasafn er frá í kringum 1980 og er elsta gagnasafnið sem notað er til viðmiðunar um áorðnar breytingar (Olsen o.fl., 2005). Þá fóru Norðmenn marga leiðangra á 10. áratugnum í Noregshaf og eitthvað í Íslandshaf (Blindheim og Ray 2004 og Karstensen o.fl. 2005). Árið 2002 voru farnir leiðangrar á vegum evrópuverkefnisins „Tractor“ allt frá Fram-sundi og suður Grænlandssund á skipunum Knorr og Odin. Þau gögn eru hér fyrirliggjandi. Lýsingar á þeim niðurstöðum er t.d. að finna í Olsson, o.fl. 2005

Árið 1996 var sleppt ferlunarefninu brennisteinshexaflúoríði, SF6, í miðju Grænlandshafi í verkefninu „ESOP-2“ og síðan fylgst með dreifingu þess. Hafrannsóknastofnunin tók þátt í því verkefni og voru niðurstöður úr sýnum sem safnað var hér m.a. notaðar við að gera mat á dreifingu SF6 á nokkurra ár tímabili (Messias o.fl. 2006).

Í samvinnu Geislavarna ríkisins (GR) og Hafrannsóknastofnunarinnar hefur sýnum til mælinga á geislavirkum efnum í sjó verið safnað undanfarin 16 ár (Elísabet D. Ólafsdóttir 2005). Aðallega hefur verið mælt sesín en einnig teknetín.

Heimildir

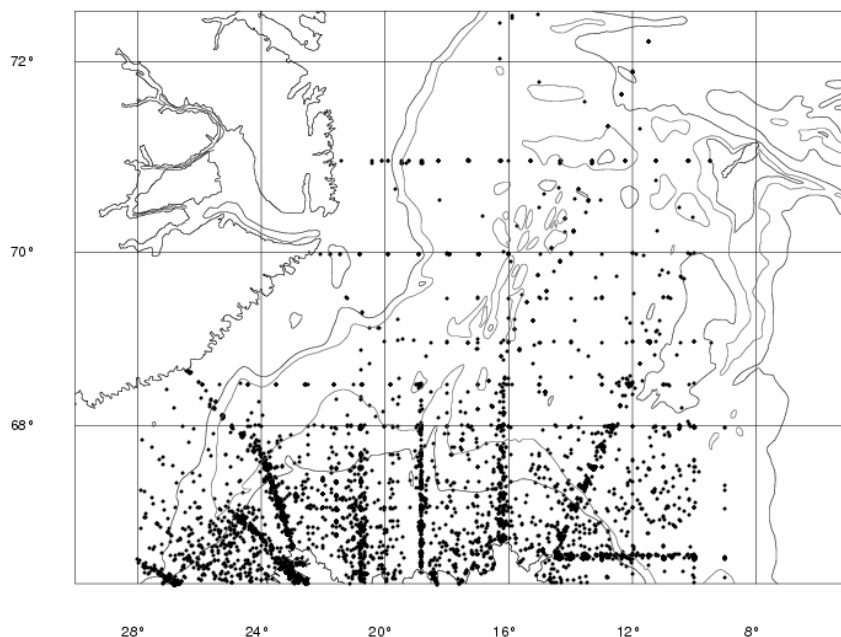
- Amon, Rainer, M.W, Budéus, G., Meon, B. 2003. Dissolved organic carbon distribution and origin in the Nordic Seas: Exchanges with the Arctic Ocean and the North Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, NO. C7, 3221, doi:10.1029/2002JC001597, 2003.
- Blindheim, J., F. Ray 2004. Water-mass formation and distribution in the Nordic Seas during the 1990s. *ICES Journal of Marine Sci.* 61, 846-863.
- Erik Buch, Svend-Aage Malmberg, Stefan S. Kristmannsson 1996. Arctic Ocean Deep water masses in the western Iceland Sea. *Journal Of Geophysical Research*, Vol. 101, No. C5, Pages 11, 965–11, 974, 1996
- Elísabet D. Ólafsdóttir 2005. Mælingar á 137Cs í sjó við Ísland-samvinnuverkefni í 15 ár. *Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar* nr 116.
- 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 2003. Tímaraðir í mælingum á ólífrænu kolefni í sjó. *Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar* nr 96.
- Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, 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.
- Jón Ólafsson 2005. Sýrustig sjávar breytist., *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit* 116, 29-32.
- Karstensen, J., P. Schlosser, D.W.R. Wallace, J.L. Bullister, J. Blindheim 2005. Water mass transformations in the Greenland Sea during the 1990s.
- Messias, M.J., A.J. Watson, T. Johannessen, K.I.C. Oliver, K.A. Olsson, E. Fogelquist, J. Olafsson, S. Bacon, J. Balle, N. Bergman, G. Budéus, M. Danielsen, J.-C. Gascard, E. Jeansson, S.R. Olafsdottir, K. Simonsen, T. Tanhua, K. Van Scoy, J.R. Ledwell 2006. The Greenland Sea Tracer Experiment 1996-2002: horizontal mixing and transport of Greenland Sea Intermediate water. Sent til birtingar í *Progress in Oceanography*.
- Olsen, A. ofl. 2005. Increase of Nordic Seas anthropogenic CO₂ inventory over the last two decades as observed from ocean measurements. *Veggspjald á Sjöundu alþjóðlegu kolefnisráðstefnunni*, Boulder, USA., Seventh International Carbon Dioxide Conference, Broomfield, CO, USA.
- Olsson, K. A., E. Jeansson, T. Tanhua, J.C. Gascard 2005. The East Greenland Current studied with CFCs and released sulphur hexafluoride. *Journal of Marine Systems* 55, 77-95.
- Sólveig R. Ólafsdóttir 2006. Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. *Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar*.
- Unnsteinn Stefánsson, Jón Ólafsson 1991. Nutrients and fertility of Icelandic waters. *Rit Fiskideildar*, 12 (3), 1-56.

SVIFÞÖRUNGAR

Gögn

Þau gögn sem liggja fyrir úr Íslandshafi, Grænlandshafi og Grænlandssundi og varða svifþörunga eru hvorki mikil né fjölbreytt. Í einhverjum tilfellum hefur verið farið yfir á grænenska landgrunnið í vorleiðangri og sömuleiðis hefur í vorleiðöngurum verið farið norður fyrir 68°N, þ.e. út fyrir norðlenska landgrunnið, en slíkt er þó ekki mjög algengt. Lítið hefur hins vegar verið rannsakað á Jan Mayen hryggnum á fyrirhuguðu olíuleitarsvæði. Samantekt á gagnasöfnun um hita og seltu í sjófræðileiðöngurum er sýnd á 1. mynd. Þetta er gert vegna þess að iðulega hefur verið safnað gögnum um svifþörunga samhliða sjófræðimælingum og myndin á að því leyti einnig við um söfnun svifþörungagagna. Þarna kemur glögglega fram að langmest hefur verið safnað af gögnum sunnan við 68°N og austan við 28°V. Þó er ljóst að nokkuð er til af gögnum á milli 68°N og 69°N.

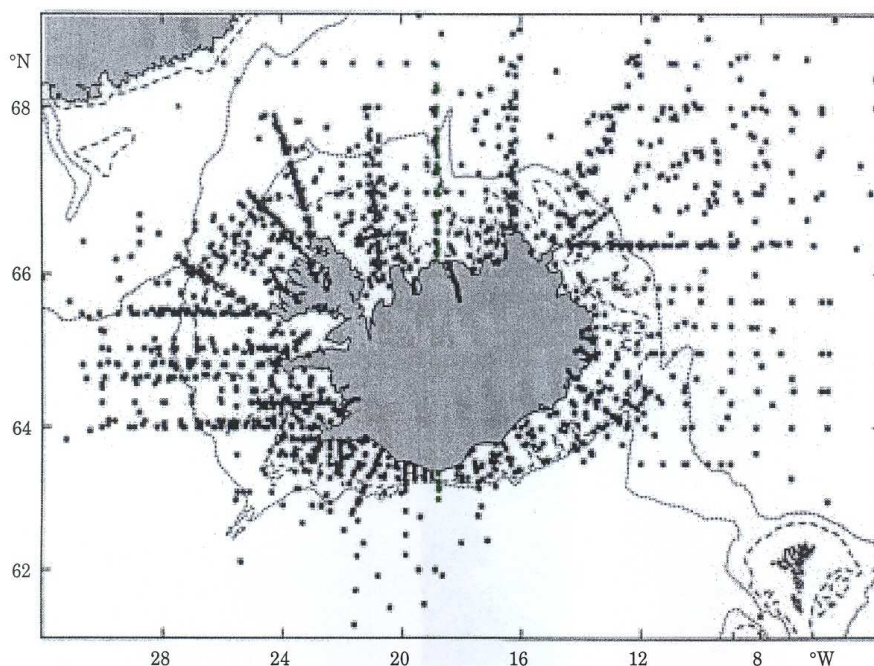
Erlendar rannsóknir á svifþörungum í Íslandshafi virðast ekki margar ef marka má ítrekaða leit í alþjóðlegum greinasöfnum. Hins vegar liggja fyrir talsverðar rannsóknir á lífríkinu í Grænlandshafi norðan Jan Mayen (sjá t.d. Schäfer o.fl. 2001) en þar eru aðstæður þó talsvert ólíkar því sem vænta má í Íslandshafi.



1. mynd. Söfnun sjófræðigagna norðvestur og norður af Íslandi sem til eru í gagnagrunni frá upphafi rannsókna til ársins 2001. Hver punktur getur þýtt margar mælingar. (Héðinn Valdimarsson persónul. upplýsingar)

Frumframleiðni

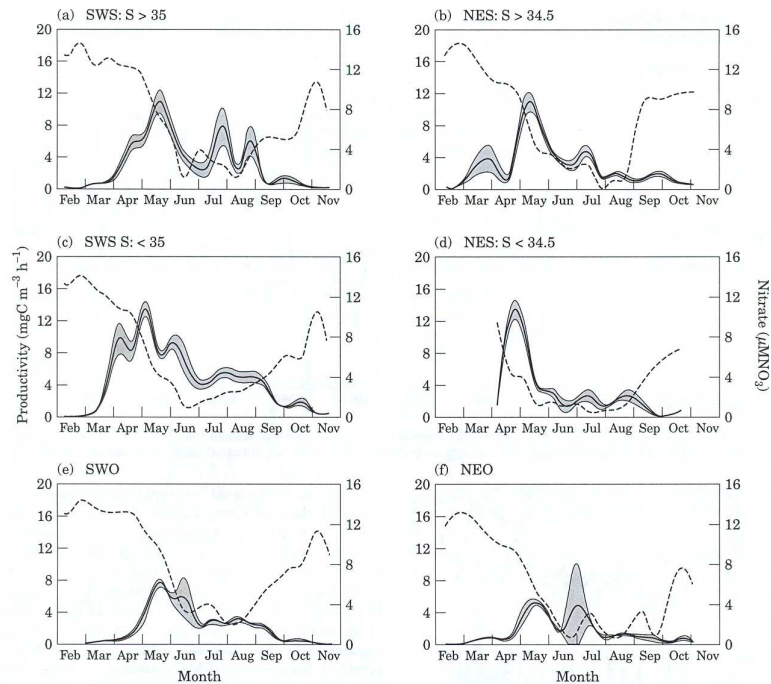
Sé samsvarandi samantekt skoðuð fyrir frumframleiðnimælingar svifþörunga þá kemur svipuð mynd ljós og fyrir sjófræðigögnin (2. mynd, Kristinn Guðmundsson 1998). Ljóst er að talsvert minna er til af gögnum norðan við 68°N að 69°N en á norðlenska landgrunninu. Einnig er vitað að norðan við 69°N verða gögnin mun fátæklegri í tíma og rúmi og jafnvel bundin við einstaka leiðangra og árstíma.



2. mynd. Dreifing mælistöðva vegna mælinga á frumframleiðni svifþörungum kringum Ísland að 69°N og 30°W, frá árinum 1958-1998. Hver punktur getur þýtt margar mælingar (Kristinn Guðmundsson 1998).

Þær miklu mælingar sem til eru á frumframleiðni svifþörungum við Ísland eru fyrst og fremst verk Þórunnar Þórðardóttur á Hafrannsóknastofnuninni og samstarfsmanna hennar. Hún skrifaði fjölmargar ritgerðir um breytingar á frumframleiðni svifþörungum á Íslandsmiðum og gerði útreikninga á heildarfrumframleiðni þeirra, þar sem hafsvæðinu er skipt upp í minni svæði og frumframleiðni hvers svæðis metin (Þórunn Þórðardóttir 1976, 1977a). Þessar niðurstöður sýna að frumframleiðni á Íslandsmiðum er mjög breytileg og að á svæðinu norður og norðaustur af norðlenska landgrunninu var einna minnst frumframleiðni svifþörungum á íslenska hafsvæðinu. Á norðurlandssvæðinu tengdi Þórunn Þórðardóttir breytingar í frumframleiðni svifþörungum mismunandi sjógerðum sem ríktu hverju sinni og breytingum í veðurfari og áhrifum hafíss (Þórunn Þórðardóttir 1977b, 1984). Þessar rannsóknir eru þó að mestu bundnar við norðlenska landgrunninn og þau staðalsnið sem þar voru rannsökuð en þau ná aðeins að litlu leyti norður í Íslandshaf. Niðurstöðurnar sýna að frumframleiðni á norðurlandssvæðinu hríðféll á hafísárunum frá 1965-1969 einkum vegna þess að sjór á þessum slóðum varð mjög lagskiptur vegna innstreymis pólsjavar á svæðið og bráðnunar hafíss. Þær geta því gefið vísbendingar um hvernig þróun svifþörungum verður í Austur Íslandsstraumnum í Íslandshafi.

Kristinn Guðmundsson (1998) hefur einnig tekið saman langtíma frumframleiðni svifþörungum eftir svæðum við Ísland (3. mynd, f NEO). Niðurstöður hans sýna að frumframleiðni kringum Ísland er mjög breytileg. Hún er mun minni utan við landgrunninn sunnanlands og norðan en á landgrunninu sjálfu. Hún er einnig talsvert minni utan landgrunnins norðan lands ($< 6 \text{ mgC klst}^{-1} \text{ m}^{-3}$) en utan landgrunnins sunnanlands ($< 8 \text{ mgC klst}^{-1} \text{ m}^{-3}$).



3. mynd. Meðalþróun árstíðabreytinga á frumframleiðni svifþörungum eftir svæðum frá 1958-1994 og árstíðabreytingar á styrk nitrats (heil lína: $\text{mgC m}^{-3} \text{h}^{-1}$, brotin lína $\mu\text{M NO}_3$). Gráa svæðið lýsir 95% öryggismörkum fyrir frumframleiðnina. Mynd (f) NEO lýsir gögnum fyrir Íslandshaf (Kristinn Guðmundsson 1998)

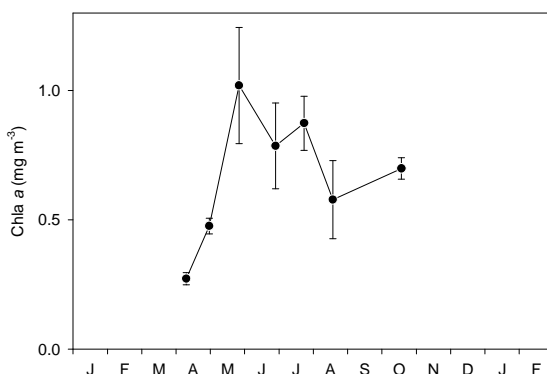
Tegundasamsetning

Rannsóknir á tegundasamsetningu svifþörungum norðan Íslands eru allnokkrar en aðferðir hafa verið mismunandi. Má þar nefna rannsóknir Paulsen (1904 og 1909), Hentschel (1933 og 1937), Finns Guðmundssonar (1937), Braarud (1935) og Steemann-Nielsen (1935). Þórunn Þórðardóttir (1956) gerði miklar rannsókn á tegundasamsetningu svifþörungum á norðurlandssvæðinu í júlí-ágúst 1950. Mjög fátæklegt svif fannst á þeim stöðvum sem lágu í Austur-Íslandsstraumnum, bæði var magn þörungum lítið og fáar tegundir sem fundust enda var framboð næringarefna lélegt. Þá var gerð rannsókn á breytingum á tegundasamsetningu svifþörungum á tveimur stöðvum norðan lands á árunum 1960-1974 í tengslum við breytingar í sjógerðum og umhverfi (Hafsteinn G. Guðfinnsson 1977). Þessi rannsókn spannaði yfir tímabil frá hlýárum (1960-1964), yfir hafísárin 1965-1969 og breytileg ár þar á eftir til ársins 1974. Helstu niðurstöður voru að norðlægari tegundir voru meira áberandi á hafísárunum og í kjölfar þeirra en fyrir þau.

Blaðgræna

Lítið liggur fyrir af blaðgrænegögnum af svæðinu við A-Grænland en þó hefur verið safnað þar gögnum um blaðgrænu í einstaka árum og leiðöngurum í tengslum við rannsóknir á úthafskarfa í Irmingerhafi. Í þeim tilvikum hefur stundum verið farið upp á grænlenka landgrunnið við A-Grænland. Sem dæmi má nefna blaðgrænumælingar sem gerðar voru í leiðangri í júní árið 2003. Afar lítil íslensk gögn liggja fyrir um svifþörungum af landgrunninu við A-Grænland norðan við 66°N . Þó má nefna rannsóknir Braarud (1935) árið 1925 á tegundasamsetningu svifþörungum og umhverfisaðstæðum í Grænlandssundi og rannsóknir Steeman-Nielsen (1935) á frumframleiðni og tegundasamsetningu svifþörungum við A-Grænland. Þar fyrir utan eru gögn sem safnað var um frumframleiðni og blaðgrænu í svokölluðum GSP leiðöngurum sem vikið verður nánar að.

Mælingar á blaðgrænu liggja fyrir í ársferli á öllum stöðvum á Langanessniði NA árið 1995 í gögnum Hafrannsóknastofnunar. Þessar niðurstöður hafa ekki verið birtar í heild. Þó hefur verið birtur ársferill blaðgrænu fyrir eina af þessum stöðvum í Austur-Íslandsstraumnum utan við landgrunnið þ.e. á Langanesi NA-sniði (67°30'N og 13°20'N) (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2002). Mælingar voru strjálar, sjö mælingar frá apríl til október 1995. Blaðgrænugildin voru í öllum tilfellum fremur lág (4. mynd, $\leq 1 \text{ mg m}^{-3}$) og ekki ósennilegt að hærri gildi mundu finnast ef þéttari mælingar væru gerðar sérstaklega þegar vorvöxtur svifþörunganna er mestur. Það má því gera ráð fyrir að lífmassi þörungna á þessu svæði sé eitthvað hærri að vorlagi en fram kemur í þessari athugun.



4. mynd. Magn blaðgrænu (mg/m³) á stöð 4 á Langnes NE sniði árið 1995 (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2002).

Gögn um blaðgrænu liggja einnig fyrir á fjórum stöðvum á sniði í Íslandshafi (67°30'N og 18°50'V-68°30'N og 15°V) árið 1994, sem Jón Ólafsson og Sólveig Ólafsdóttir hafa safnað. Mælingar á blaðgrænu voru gerðar með litarefnagreiningu (HPLC) þannig að styrkur hvers einstaks litarefnis liggur fyrir en ekki einungis styrkur blaðgrænu a. Ekki hefur verið gerð grein fyrir niðurstöðum opinberlega.

Greenland Sea Project (GSP)

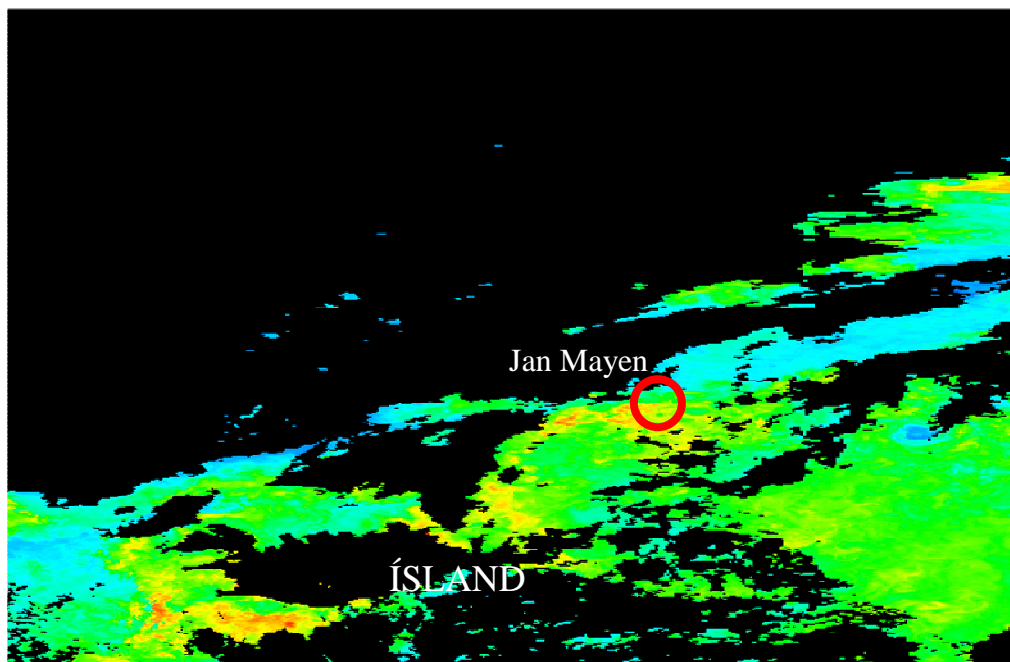
Miklar sjó- og líffræðirannsóknir ásamt straummælingum og fleiru voru gerðar í fjölþjóðlegu verkefni sem nefnt var Greenland Sea Project (GSP), sem fór fram á hafsvæðinu milli Íslands, Grænlands og Jan Mayen norður á 72°30'N og stóð yfir á árunum 1987 til 1991. Ráðist var í þetta verkefni að frumkvæði "The Arctic Ocean Science Board (Anon. 1987) og fór það að miklu leyti fram í Grænlandshafi norðan Jan Mayen, en Ísland og Danmörk sameinuðust um rannsóknir í Grænlandshafi og Íslandshafi (Buch og Svend-Aage Malmberg 1988). Söfnun gagna fór fram snemma hausts ár hvert þ.e. í september. Varðandi svifþörungna voru einkum framkvæmdar frumframleiðnimælingar á árunum 1987, 1988 og 1989, gjarnan í 4 dýpum (0, 10, 20, 30 m). Samhliða frumframleiðnimælingum voru gerðar mælingar á blaðgrænu einkum í 10 m dýpi en einnig í öðrum dýpum. Á nokkrum stöðvum í hverjum leiðangri var gerð mæling á afkastamarki svifþörungna (frumframleiðni) úr 10 m dýpi við mismunandi ljósstyrk. Að auki liggja fyrir upplýsingar um sjóndýpi (Secchi dýpi) og magn næringarefna í efri lögum sjávar. Þó að verkefnið stæði í fimm ár (1987-1991) voru engar mælingar gerðar á svifþörungum síðustu árin þ.e. 1990 og 1991.

Ekki hefur verið gerð grein fyrir niðurstöðum úr GSP verkefninu í ritgerðum hvað varðar svifþörungna og næringarefni. Niðurstöður sýna að mjög sterk lagskipting ríkir á svæðinu í september öll þrjú árin. Frumframleiðni svifþörungna var á flestum stöðvum aðallega fyrir hendi í efstu 20-30 m þ.e. niður að mörkum lagskiptingarinnar sem var mjög sterk eins og

áður sagði, en mjög lítil frumframleiðni var þar fyrir neðan. Frumframleiðni var frá 0,3-1,5 mgC m⁻³ klst⁻¹ á stærstum hluta svæðisins í 0-30 m dýpi en gildi um og yfir 2 mgC m⁻³ klst⁻¹ fundust aðeins á landgrunninu við Jan Mayen. Blaðgrænugildi í 10 m dýpi voru frá 0,2-0,8 mg m⁻³ á stærstum hluta svæðisins en gildi ≥ 1 mg m⁻³ var aðeins að finna á landgrunninu við Jan Mayen.

Gervitunglagögn

Mælingar á lit yfirborðs sjávar frá gervitunglum hafa víða verið notaðar til að rannsaka árstíðabreytingar í vexti svifþörungum við yfirborð sjávar. Kannað var hvaða gögn um þörungagróður á Drekasvæðinu er hægt að fá á veraldarvefnum úr myndabönkum ESA í Evrópu og NASA í Bandaríkjunum (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>). Mikil tíðni og úrbreiðsla skýja yfir öllu hafsvæðinu gerir það erfitt að meta þörungavöxt þar dag frá degi, en með því að setja saman allar tiltækar myndir fyrir hverja viku yfir vaxtartíma þörunganna má fá grófa mynd af framvindu gróðurs í yfirborði á svæðinu frá mars og fram í október. Af runu slíkra mynda frá 2003 má sjá að gróður á svæðinu byrjar að vaxa upp úr miðjum apríl og nær hámarki seinni hluta maí. Eftir það dregur úr gróðri og er lítil gróður þar yfir sumarið. Það má gera ráð fyrir að kvarðar þeir sem notaðir eru til að reikna gróðurmagn út frá lit á gervitunglamyndunum séu misvísandi fyrir pólsvæðin. Leiðréttinga er því þörf ef nýta á gögn af þessu tagi til rannsókna á lífmassa gróðurs Drekasvæðisins. Það kallar á samanburð við beinar mælingar á blágrænustyrk í yfirborði og dýptardreifingu svifþörungum á svæðinu. Lífmassa svifþörunganna má síðan nota til að reikna frumframleiðni svæðisins ef upplýsingar um framleiðniafköst svifþörunganna liggja fyrir.



5. mynd. Gervitunglamynd af gróðri í yfirborði sjávar í hafinu umhverfis Ísland, seinni hluta maí, þegar mestur gróður mældist milli Íslands og Jan Mayen 2003. Svartur flötur sýnir land eða skýjahulu. Ljósblár sýnir gróðursnautt yfirborð sjávar. Grænn flekkur er merki um lítinn gróður, gulir flekkir sýna nokkurn gróður og rauður mikinn þéttleika þörungum. Myndir er samsett úr tiltækum gervitunglagögnum frá SeaWiFS fyrir dagana 16. maí til 23 maí 2003 (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/level3.pl>).

Samantekt

Niðurstöður sýna að frumframleiðni á Íslandsmiðum er mjög breytileg og að á svæðinu norður og norðaustur af norðlenska landgrunninu er einna minnst frumframleiðni svifþörungum á íslenska hafsvæðinu. Mjög fátæklegt svif fannst í námunda við Austur-Íslandsstrauminn, bæði var magn þörungum lítið og fáar tegundir sem fundust. Talningar og greiningar á svifþörungum norðan lands benda til þess að almennt sé tegundasamsetning með öðrum hætti í kalda sjónum norður af landinu en í Atlantssjónum nær landi. Mikil tíðni og úrbreiðsla skýja yfir Drekasvæðinu gerir það erfitt að meta þörungavöxt þar dag frá degi með gervitunglamyndum en með því að setja saman allar tiltækar gervitunglamyndir fyrir hverja viku yfir vaxtartíma þörunganna má fá grófa mynd af framvindu gróðurs í yfirborði á svæðinu frá mars og fram í október. Út frá myndunum og vitneskju um dýptardreifingu þörunganna má hugsanlega reikna frumframleiðni svæðisins. Slíkar athuganir eru tiltölulega ódýrar og gætu gefið gagnlega mynd af frjósemi svæðisins.

Heimildir

- Anon. 1987. Greenland Sea Project. An international plan of the Arctic Ocean Science Board, 2nd. ed. Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Bremerhaven.
- Braarud, T. 1935. The "Öst" Expedition to the Denmark strait 1929. II. The phytoplankton and its condition of growth. Norske Vidensk. Akad. Hvalråd. Skr. nr. 4.
- Buch, E., Svend-Aage Malmberg 1988. Greenland Sea Project. Internal Report No. 5.
- Finnur Guðmundsson 1937. Das Oberflächen netzplankton der islandischen Küsten gewässer nach den Ergebnissen einer Rundfahrt. Ber. D. Wiss. Komm. f. Meeresforschung N.F. 8.
- Hafsteinn G. Guðfinnsson 1977. Rannsóknir á þörungasvifi á tveim stöðvum í sjónum norðan Íslands í maí-júní 1961-1974. 4. árs verkefni við Háskóla Íslands, 90 s.
- Hentschel, E. 1933. Untersuchungen über das Kleinplankton an den Küsten von Island. Ber. D. Wiss. Komm. Meeresforsch. N.F. 6.
- Hentschel, E. 1937. Über den Ursprung der Heringsnahrung im Norden von Island. Ber. D. Wiss. Komm. f. Meeresforsch. N.F. 8.
- Kristinn Guðmundsson 1998. Long-term variation in phytoplankton productivity during spring in Icelandic waters. ICES Journal of Marine Science 55, 635-643.
- Kristinn Guðmundsson, Kristín Valsdóttir 2004. Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958-1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrít 107, 56 bls.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason 2002. Seasonal variations in abundance, development and vertical distribution of *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* and *C. glacialis* in the East Icelandic Current. Journal of Plankton Research 25, 843-854.
- Paulsen, O. 1904. Plankton investigation in the waters around Iceland. Med. Om. Havundersøg. Kbh. Serie Plankton I, 1.
- Paulsen, O. 1909. Plankton investigation in the waters around Iceland and in the North Atlantic in 1904. Med.KOm.Havundersøg. Kbh.Serie Plankton I, 8.
- Schäfer, P., W. Ritzrau, M. Schlüter, J. Thiede (Eds) 2001. The Northern North Atlantic. A Changing Environment. Springer Verlag Heidelberg, 500 s.
- Stemann-Nielsen, E. 1935. The production of phytoplankton at the Faroe Isles, Iceland, East Greenland and the waters around. Medd. fra Kom. for Danm. Fiskeri- og Havundersökelse. Plankton. Bind III. Nr. 1.
- Þórunn Þórðardóttir 1956. Undersøkelser av fytoplanktonet i fire snitt ut fra Islands nordkyst 31/7-9/8, 1950. Supplert ved tre statsjoner fra juni 1953. Magistergradsoppgave i marin biologi, 177 bls.
- Þórunn Þórðardóttir 1976. Preliminary assessment of the annual production in the shelf area around Iceland.. ICES CM 1976 / L: 32 Plankton Committee.

Þórunn Þórðardóttir 1977a. Framleiðni þörungasvifsins í sjónum við Ísland. Rit Landverndar 5, 33-42.

Þórunn Þórðardóttir 1977b. Primary production in North Icelandic Waters in relation to recent climatic changes. In: Polar Oceans. Proceedings of the polar oceans conference held at McGill University, Montreal, May 1974, pp.655-665. Ed. by M.J.Dunbar. Arctic Institute of America, Canada. 681 s.

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

DÝRASVIF

Áturannsóknir í Íslandshafi

Ekki eru til nákvæmar upplýsingar um dýrasvif á olíuleitarsvæðið á Jan Mayen-hrygg. Í þessari samantekt verður lýst fyrirbyggjandi þekkingu á dýrasvifi í námunda við svæðið, við svipaðar aðstæður og að miklu leyti í sömu vatnsmössum og eru á olíuleitarsvæðinu.

Kerfisbundnar athuganir á átu á Norðurmiðum hófust með rannsóknum Árna Friðrikssonar á tengslum átu og síldar fyrir norðan land á fjórða áratugnum (Árni Friðriksson 1944). Áður höfðu Danir að vísu stundað hér áturannsóknir í tengslum við yfirgripsmiklar haffræði- og líffræðirannsóknir hér við land um og upp úr þarsíðustu aldamótum (Paulsen 1906, With 1915, Jespersen 1940a,b), en þær rannsóknir beindust aðallega að því að skrá fundarstaði tegunda. Rannsóknir á átu í því augnamiði að fylgjast með langtímabreytingum í átumagni hafa verið stundaðar hér við land í meira en 40 ár og ná gögnin lengst aftur í tímann út af Norðurlandi eða aftur til ársins 1960 (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1995).

Rannsóknir á útbreiðslu svifdýra voru liður í fimm ára alþjóðlegu hafrannsóknáttaki í Íslandshafi (Greenland Sea Project, GSP) sem stóð árin 1987-1991. Í þessum rannsóknum fékkst vitneskja um magn og dreifingu svifdýra, annars vegar á sniði sem náði frá Scoresbysundi til Jan Mayen og hins vegar á sniði þvert yfir Grænlandssund (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1995).

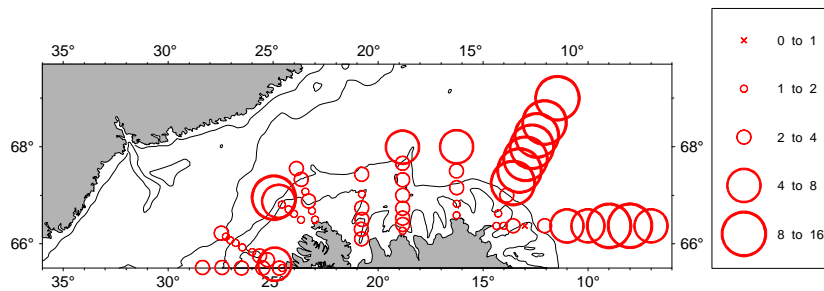
Á tíunda áratug síðustu aldar voru árstíðabreytingar dýrasvifs fyrir Norður- og Norðausturlandi rannsakaðar í tveimur heilsársrannsóknum. Fyrri rannsóknin var gerð á Siglunessniði árin 1993-94 (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997a, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998), en sú síðari á sniði í norðaustur frá Langanesi árin 1995-96 (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2003). Þótt þessar athuganir hafi ekki náð yfir nema lítinn hluta af hinu eiginlega Íslandshafi, þá hafa þær engu að síður gefið mikilsverðar upplýsingar um líf- og vistfræði lykiltegunda á landgrunninu og í úthafinu norðan Íslands, allt norður að 68°N.

Ólafur K. Pálsson (1974) rannsakaði fæðu loðnuseiða fyrir norðan land. Fæða eldri loðnu var svo viðfangsefni rannsóknar þeirra Þorsteins Sigurðssonar og Ólafs S. Ástþórssonar (1991). Sú athugun beindist einkum að fæðuháttum loðnunnar að haustlagi. Í tengslum við fjölstofnarannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar var loks gert átak í að rannsaka fæðuvistfræði loðnunnar bæði að sumar- og haustlagi árin 1993 og 1994 (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997b).

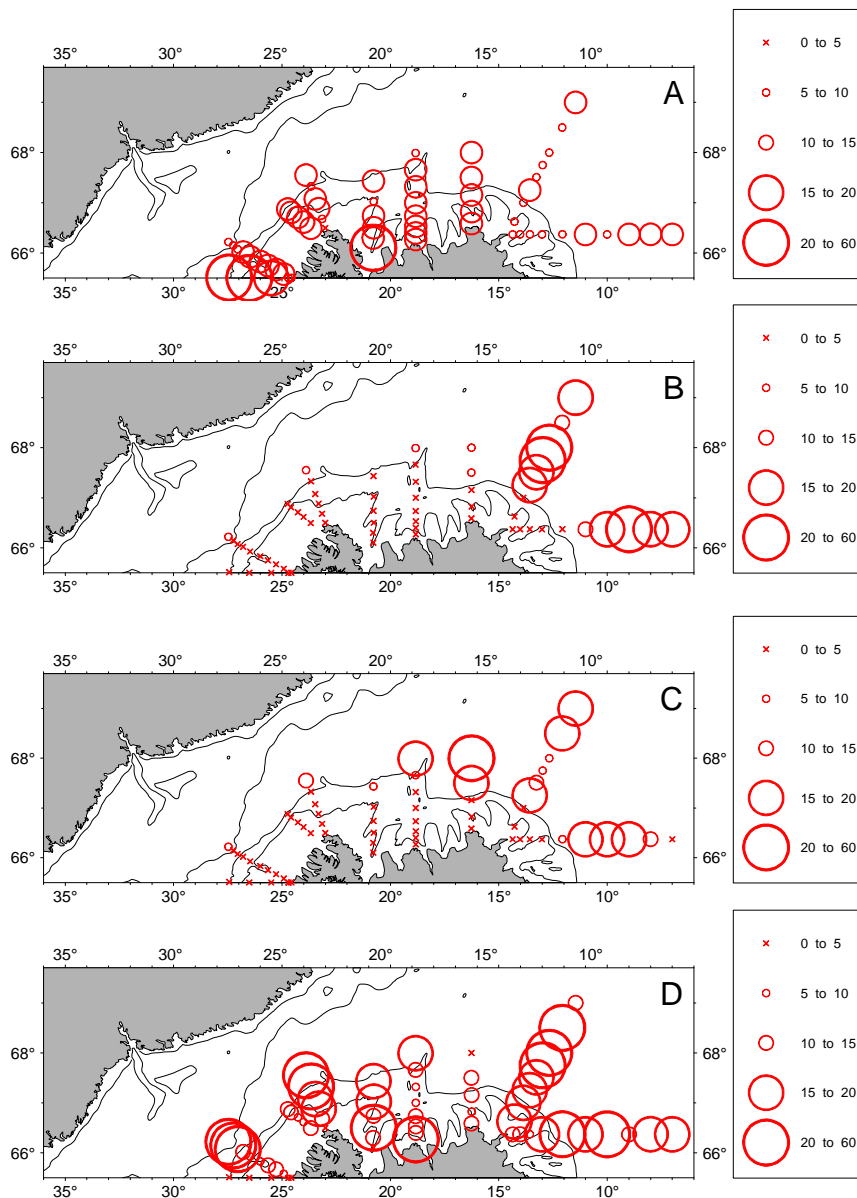
Magn og útbreiðsla

Vorleiðangrar hafa gefið mikilsverðar upplýsingar um magn og útbreiðslu svifdýra í yfirborðslögum að vorlagi. Í þessum rannsóknum eru notaðir fínriðnir háfar (möskvastærðin er 200 μm) og því gefa þær einkum upplýsingar um smærri svifdýr. Á 1. mynd er sýnd meðalútbreiðsla lífmassa átu í yfirborðslögum (0-50 m) fyrir norðan land að vorlagi (maí-júní). Sjá má að lífmassinn er að jafnaði mestur djúpt út af Norður- og Norðausturlandi (8-16 g þurrvigt m^{-2}), en þar eru stórar kaldsjávartegundir algengastar (2. mynd). Annars staðar fyrir norðan er lífmassi svifdýra í yfirborðslögum í maí-júní yfirleitt á bilinu 1-4 g þurrvigt m^{-2} .

Eins og sjá má á 2. mynd er rauðáta að jafnaði algengasta tegundin sem kemur í háfana (~40-60%). Aðrar algengar tegundir eru krabbaflærnar *Pseudocalanus* spp. (~8 % af heildarfjölda svifdýra), þorndís (*Acartia longiremis*, ~2 %). Þá finnst stundum nokkuð af ísátu (*C. glacialis*), einkum þar sem kaldsjávar gætir, *Oithona* spp. (5-60%), *Metridia longa* (0-16%) og póláta (*Calanus hyperboreus*, 0-40%). Tvær síðasttöldu tegundirnar eru algengastar djúpt norður og norðaustur af landinu þar sem áhrifa Austur-Íslandsstraumsins gætir mest.

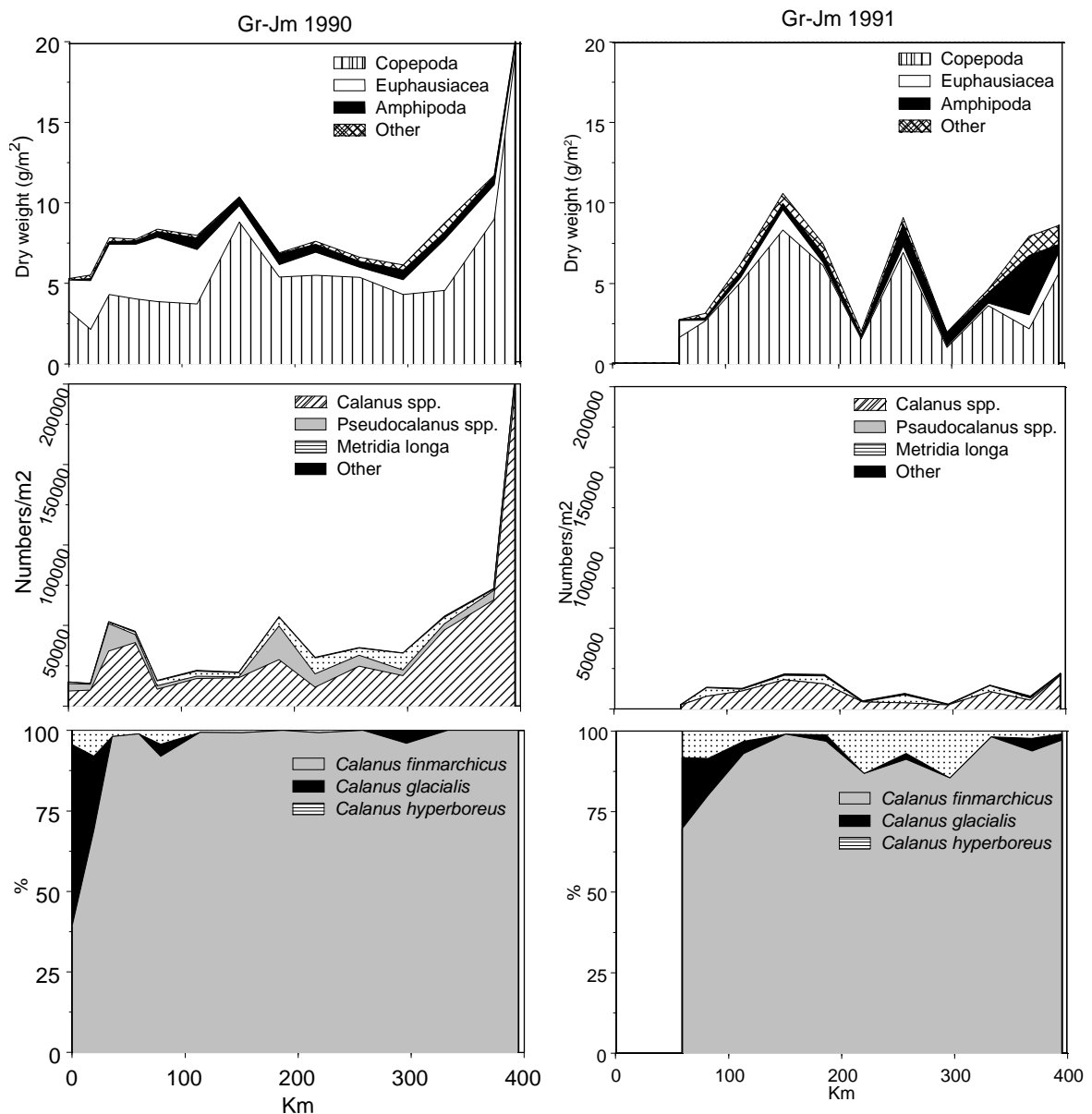


1. mynd. Meðalútbreiðsla dýrasvifs í yfirborðslögum (g þurrvigt m-2, 0-50 m) fyrir norðan Ísland. Myndin byggir á gögnum frá árunum 1960-99 (Ástþór Gíslason 2002 og viðbótargögn).

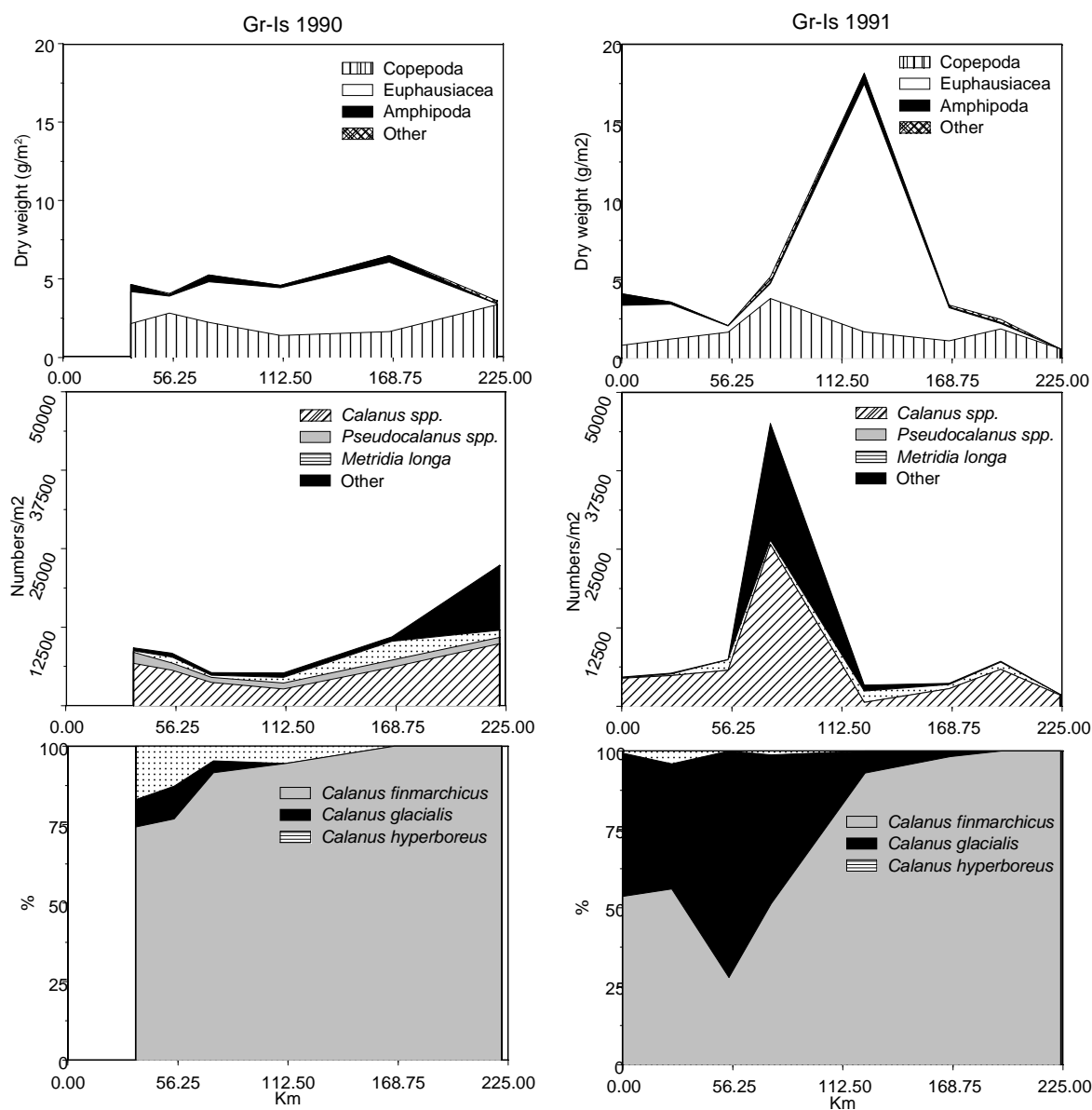


2. mynd. Hlutfall rauðáttu (A), póllátu (B), *Metridia longa* (C) og *Oithona* spp. (D) í yfirborðslögum (0-50 m) að vorlagi (maí-júní, samantekin gögn frá árunum 1960-99).

Í hinum svonefndu GSP-rannsóknnum var magn og dreifing átu könnuð nyrst í Íslandshafi og í Grænlandssundi árin 1990 og 1991 (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1995). Sýnataka var með nokkuð öðru sniði en gerist í vorleiðöngrum. Þannig var átunni safnað með Bongo-háfum með 500 μm möskvastærð og var háfunum slakað niður á 100 m dýpi og síðan hífðir inn aftur á meðan skipið sigldi á hægri ferð. Með þessu móti var safnað stærri dýrum og úr stærra dýptarbili en í vorleiðöngrum. Gögnin eru því ekki að öllu leyti sambærileg við þau sem safnað er í vorleiðöngrum. Helstu niðurstöður voru þær að lífmassi og fjöldi dýrasvifs var yfirleitt meiri á Grænlands-Jan Mayen-sniðinu (~6-10 g þurrvigt m^{-2} , ~10 000-70 000 einstaklingar m^{-2}) heldur en á Grænlandssunds-sniðinu (~2-7 g þurrvigt m^{-2} , ~4 000-22 000 einstaklingar m^{-2}) (3. og 4. myndir). Á báðum sniðum voru krabbaflær langalgengasti dýrahópurinn. Miðað við lífmassa voru þær um 60 % átunnar, en næst komu ljósáta (~30 %) og marflær (~5%). Krabbaflær voru einnig algengsti dýrahópur miðað við fjölda (~95 %). Algengustu krabbaflærnar voru rauðáta (~70 % af öllum krabbaflóm), *Pseudocalanus* spp. (~10 %), *Metridia longa* (~10 %) og póláta (*C. hyperboreus*, ~3 %).



3. mynd. Lífmassi (efstu myndir), fjöldi (mið myndir) og hlutfall *Calanus* tegunda (neðstu myndir) á sniði milli Grænlands (vinstra megin) og Jan Mayen (hægra megin) á sniði eftir 71°-breiddarbaugnum árin 1990 (vinstri myndir) og 1991 (hægri myndir). Átu var safnað á 14 stöðvum úr efstu 100 m sjávar með Bongo háfi með 335 µm möskvastærð (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1995).



4. mynd. Lífmassi (efstu myndir), fjöldi (mið myndir) og hlutfall *Calanus* tegunda (neðstu myndir) á sniði þvert yfir Grænlandssund frá Grænlandi (vinstra megin, 68°40'N, 25°14'V) til Íslands (hægra megin, 67°08', 22°51'V) árin 1990 (vinstri myndir) og 1991 (hægri myndir). Átu var safnað á 11 stöðvum úr efstu 100 m sjávar með Bongo háfi með 335 µm möskvastærð (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1995).

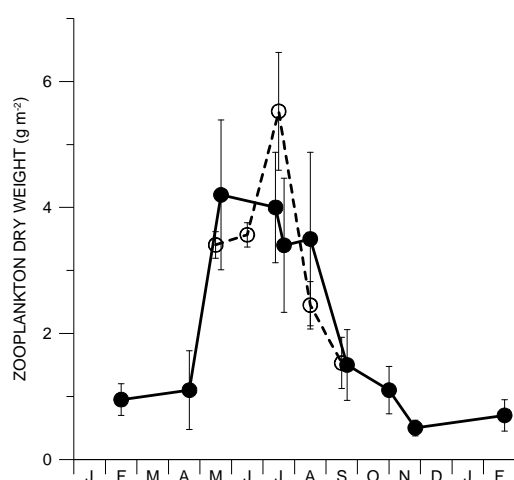
Augnsíli (*Thysanoessa inermis*) var algengasta ljósátutegundin á báðum sniðum (~78 % af öllum ljósátum), en næstar komu kríli (*T. longicaudata*, ~20 %) og náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*, ~2 %).

Marflær voru ekki greindar til tegunda í þessum rannsóknum, en skv. öðrum heimildum (Dalpadado o.fl. 1998) eru tvær marflóartegundir algengastar í Íslandshafi, *Themisto libellula* og *T. abyssorum*. Fyrirnefnda tegundin er einkum bundin við kalda sjóinn, en sú síðarnefnda

hefur nokkuð suðlægari útbreiðslu og er þannig talin vera algeng á blöndunarsvæðum hlýsjávar og kaldsjávar (Melle o.fl. 2004).

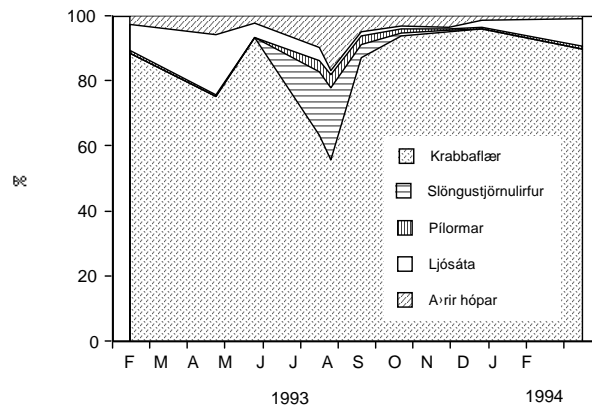
Árstíðabreytingar

Á 5. mynd eru sýndar árstíðabreytingar í heildarlífmassa dýrasvifs fyrir norðan land. Myndin sýnir annars vegar gögn sem safnað var á Siglunessniði í tengslum við heilsársathugun á ársferlum svifdýra þar (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998), en hins vegar gögn sem safnað var á löngu árabili fyrir norðan land (1966-2000), einkum í tengslum við síldarrannsóknir og síldarleit, og árlegar ársferðisrannsóknir stofnunarinnar í maí og júní. Aðferðin sem notaðar voru í þessum rannsóknum eru ekki alveg eins, t.d var safnað niður á 100 m dýpi á Siglunessniði, en ekki nema niður á 50 m dýpi í hinum rannsóknunum. Þess vegna eru gögnin ekki alveg sambærileg, en þau gefa engu að síður mikilvægar vísbendingar um hvernig vexti dýrasvifs er háttað fyrir norðan land.



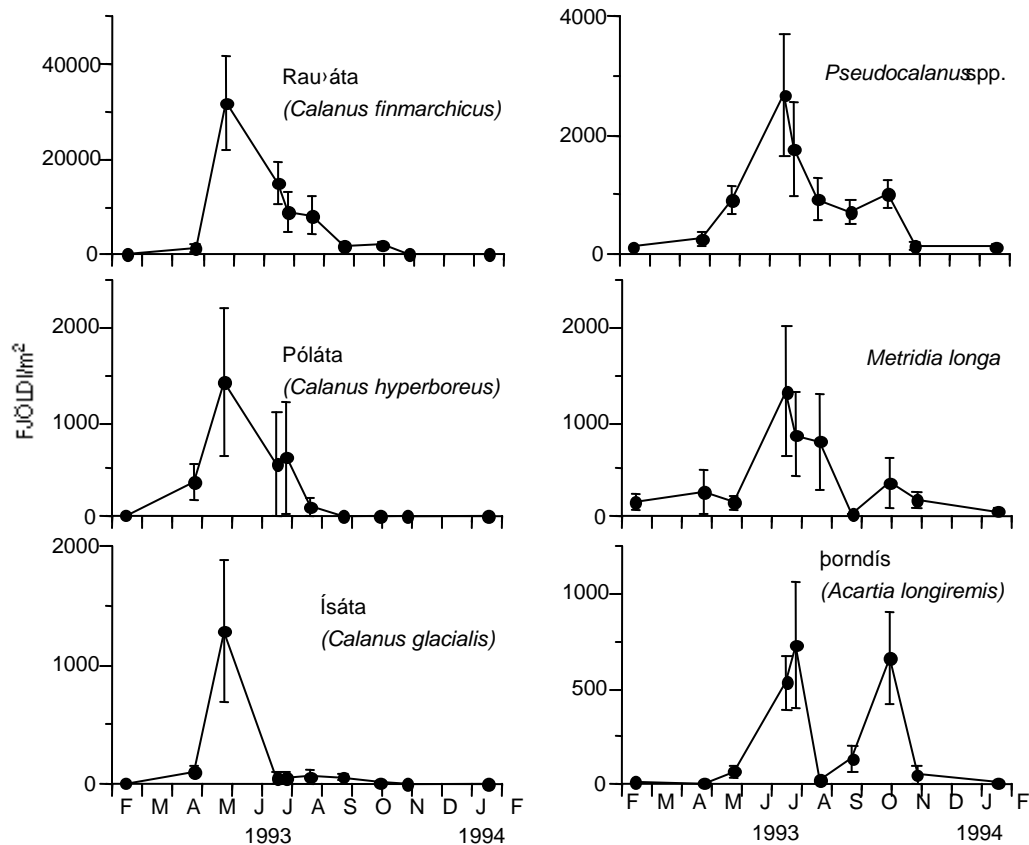
5. mynd. Árstíðabreytingar í heildarlífmassa dýrasvifs á Siglunessniði (heildregna línan) og á víðáttumeira svæði í Íslandshafi (frá ~66-70°N og ~23-14°V) (brotalínan). Heildregna línan sýnir meðaltöl 8 stöðva þar sem Bongoháfar með 335 μm möskvastærð voru notaðir til að safna átu frá 0-100 m, en brotalínan sýnir meðaltöl 28-714 stöðva (misjafnt eftir árstímum), þar sem Hensen eða WP2 háfar með 180 μm möskvastærð voru notaðir og átunni safnað frá 0-50 m dýpi. Lóðréttu línurnar tákna staðalskekkju (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998 og óbirt gögn).

Að vetrinum er mjög lítið af átu í yfirborðslögum (5. mynd). Árlegur vöxtur átunnar hefst í apríl og lífmassinn er mestur frá maí til ágúst (~4-5 g þurrvigt m⁻²), en eftir það fer að draga mikið úr átumagni. Átumagnið minnkar hratt í september og í nóvember er aftur komið á vetrarástand með lítið af átu í yfirborðslögum. Samkvæmt þessu varir aðalvaxtartímabil átunnar í Íslandshafi fimm til sex mánuði, eða frá apríl-maí til ágúst-september. Á 6. mynd eu sýndar árstíðabreytingar í hlutföllum dýrahópa í svifinu norður af Siglunesi.



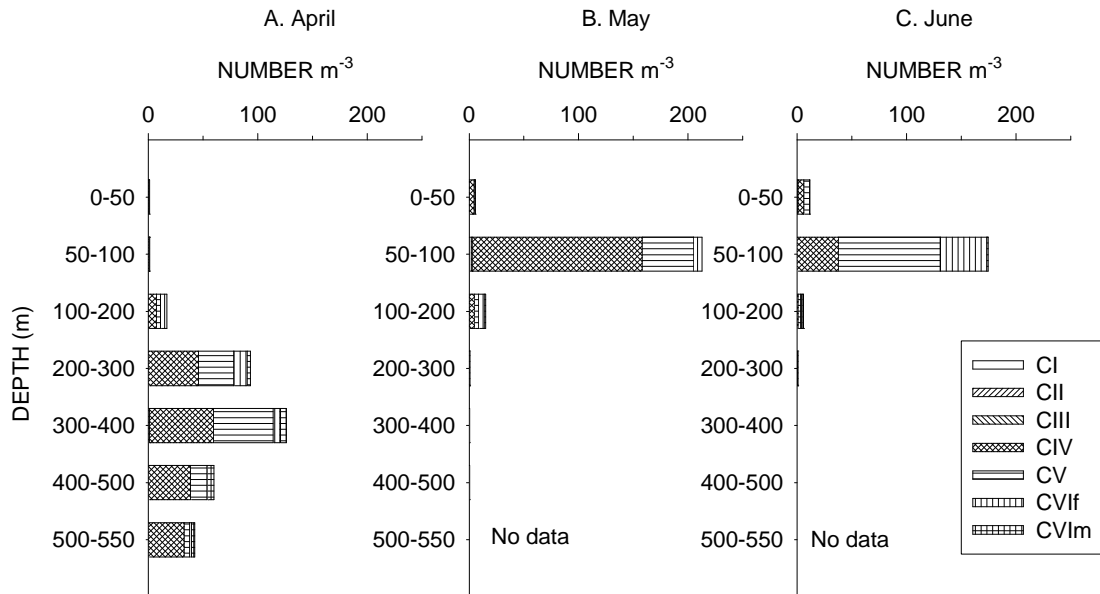
6. mynd. Hlutfallslegur fjöldi algengustu svifdýrahópa á Siglunessniði norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994 (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998).

Talsverður breytileiki er í fjölda *Calanus*-tegundanna úti fyrir miðju Norðurlandi eftir árstíma. Fjöldi þeirra er í lágmarki yfir vetrartímann, kemst einu sinni í hámark yfir sumarið, í lok maí, samtímis hjá þeim öllum (7. mynd, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998). Austar, þar sem áhrif Austur-Íslandsstraumsins eru sterkust, er hámarkið nokkuð seinna á ferðinni (júní og júlí, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2003). Hjá öðrum tegundum krabbaflóa, þ.e. *Pseudocalanus* spp., *Metridia longa* og þorndís, virðast árstíðasveiflur vera með nokkuð öðrum hætti en hjá *Calanus*-tegundunum þremur. Á Siglunessniði voru þannig tvö hámark í fjölda þeirra yfir sumarið og haustið, ólíkt því sem gerðist hjá *Calanus*-tegundunum. Fyrri hámarkið var í júlí en hið síðara í október-nóvember. Allar þrjár tegundirnar fundust einnig í vetrarsýnunum, en aðeins fáeinir einstaklingar þó.



7. mynd. Fjöldi algengustu krabbafloa á Siglunesniði norðan Íslands frá febrúar 1993 til febrúar 1994. Myndin sýnir meðaltöl frá átta stöðvum og lóðréttu línurnar tákna staðalskekkju. Athugið að mismunandi mælikvarði er á lóðréttu ásnum (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998).

Fyrirliggjandi gögn um dýpsdreifingu rauðátu fyrir norðaustan land (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2003) benda til að hún dvelji á miklu dýpi yfir vetrartímamann, en færi sig upp í yfirborðslögin og verði kynþroska síðla vetrar (8. myndir). Athuganir á tíðni þroskastiga benda til að vorhrygning rauðátu á norður- og norðausturmiðum gerist aðallega í apríl og maí, á svipuðum tíma og vorblómi svifþörungum (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2003). Hvorugt foreldranna lifir hrygninguna af (Marshall og Orr 1972), enda fækkar kynþroska dýrum mjög í kjölfar vorhrygningarinnar. Í júlí og ágúst hafa afkomendur vorhrygningarinnar þroskast í stig CV, en það er vetrardvalarstig. Meginhluti stofnsins vex ekki frekar þá um sumarið, en sums staðar kann þó lítil hluti hans að verða kynþroska í ágúst. Í kjölfarið (október) getur þá fylgt nokkur aukning í fjölda ungvíðisstiga CI, CII og CIII, sem bendir til þess að á undan hafi farið hrygning, sennilega í september-október. Afkomendur þessarar síðari hrygningar rauðátu fyrir norðan land eru hins vegar fáir og virðast því ekki bæta miklu við stofn vetursetudýranna (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998).



8. mynd. Dreifing rauðátu með dýpi á rannsóknastöð 4 á Langanes-NA sniði (67°30'N-13°16'V) í apríl, maí og júní 1995 (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2003).

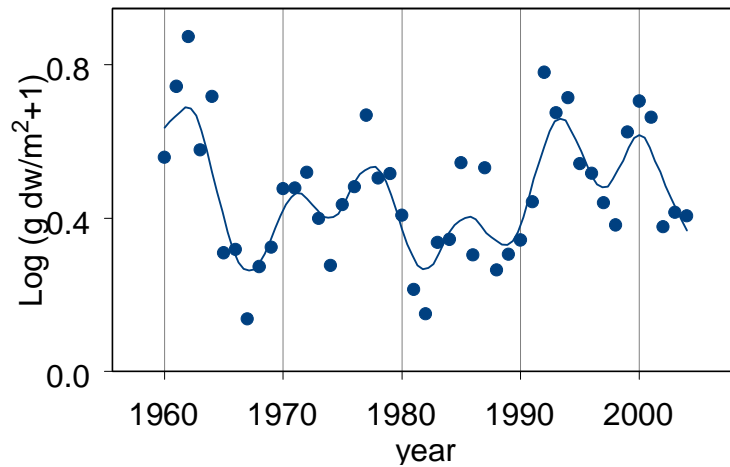
Bæði póláta og ísáta eru kaldsjávartegundir. Kjörsvæði þeirrar fyrrnefndu eru talin vera úthafssvæði Íslandshafs, Noregshafs og Grænlandshafs, á meðan hin síðarnefnda er einkum bundin við aðliggjandi landgrunnssvæði (Conover 1988, Hirche 1991). Í Íslandshafi hefur póláta líklega 2ja eða 3ja ára lífsferil, verður þá kynþroska 2ja eða 3ja ára (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2003). Hún er talin hrygna á miklu dýpi (Hirche 1997), líklega í febrúar-mars löngu fyrir vorblóma svifþörungna. Minna er vitað um lífsferil ísátu, en á nálægum hafsvæðum hefur hún líklega, eins og póláta, 2ja-3ja ára lífsferil (Hirche 1991, 1997).

Athugun á Siglunessniði leiddi í ljós að augnsíli (*Thysanoessa inermis*) var algengasta ljósátutegundin (~76% af öllum ljósátum), kríli (*T. longicaudata*) næstalgengust (~14%), en minnst fannst af náttlampu (*Meganocyphanes norvegica*, ~9%) (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997a, Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1998). Samkvæmt athugunum Dalpadado og féлага (1998), þá nær útbreiðslusvæði krílis yfir allt Noregs- og Íslandshaf, og fylgja norður- og norðausturmörk útbreiðslusvæðisins ísröndinni við Grænland. Breytingar þær sem urðu á athugunartímanum á fjölda eggja og lirfa í sýnunum, ásamt upplýsingum um þroska dýranna (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997a), benda til að aðalhrygning ljósátu sé í maí, og að þorri lirfanna hafi náð að þroskast í svonefnt furcilia-stig um miðjan júlí. Þannig virðist ljósátan fyrir norðan land hrygna meðan enn er mikið af svifþörungum í sjónum og áður en vorvexti þeirra er lokið.

Langtímabreytingar

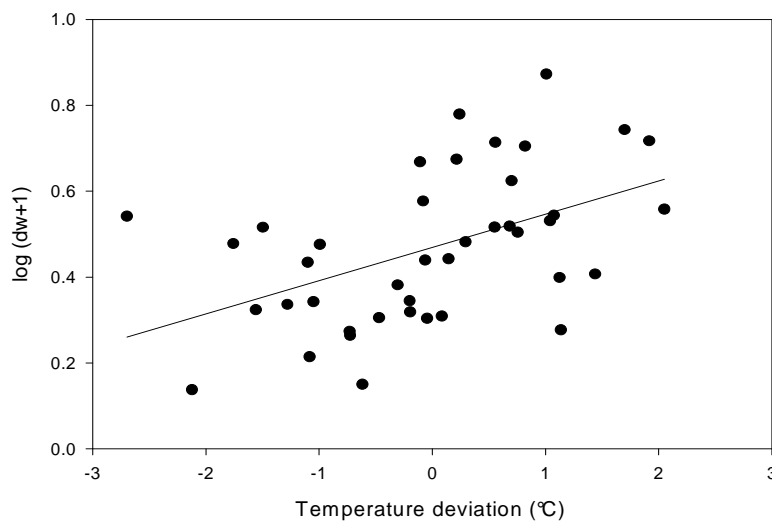
Eins og fram kom í inngangskafli ná gögn um langtímabreytingar dýrasvifs fyrir norðan aftur til ársins 1960. Til þess að gögnin verði samanburðarhæf hefur þeim verið safnað á nokkurn veginn sama tíma ár hvert (maí-júní) með sömu aðferðum. Samanburður við önnur langtímaátugögn frá Norður-Atlantshafi hefur leitt í ljós að átumagn að vorlagi er góður mælikvarði á meðalátumagn ársins (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1995). Væntanlega segja því sveiflur í átumagni að vorlagi að einhverju leyti til um mismunandi heildarframleiðslu átu yfir sumarið, þótt að hluta megi einnig skýra þessar sveiflur með því að

sá tími sem vorvöxtur áttunnar hefjist sé breytilegur. Bæði vorvöxtur og heildarframleiðsla dýrasvifsins eru talin ráðast af umhverfisskilyrðum, fæðuframboði og afráni.



9. mynd. Breytingar á átumagni ($\log g$ þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) að vorlagi (maí-júní) fyrir norðan Ísland árin 1960-2001. Punktarnir sýna meðaltöl frá um 26 stöðvum. Heildregna línan sýnir 7 ára keðjumeðaltöl.

Langtímabreytingar á átumagni fyrir norðan eru sýndar á 9. mynd. Gildin sem sýnd eru á myndinni eru meðaltalsgildi fyrir allar stöðvar á Kögur- Húnaflóa-, Siglunes- og Sléttusniðum, auk nokkurra annarra stöðva á norðlenska landgrunninu. Einnig er sýndur reiknaður ferill (5 ára keðjumeðaltal) sem jafnar óreglur einstakra ára. Fram kemur að miklar sveiflur hafa verið í átumagni fyrir norðan land. Átumagnið var í hámarki þegar rannsóknirnar hófust í upphafi sjöunda áratugarins, en síðan hafa skipst á hæðir og lægðir, og hafa liðið um 6-10 ár á milli hámarka (sbr. keðjumeðaltölin á 9. mynd). Áta var síðast í hámarki fyrir norðan um síðustu aldamót.

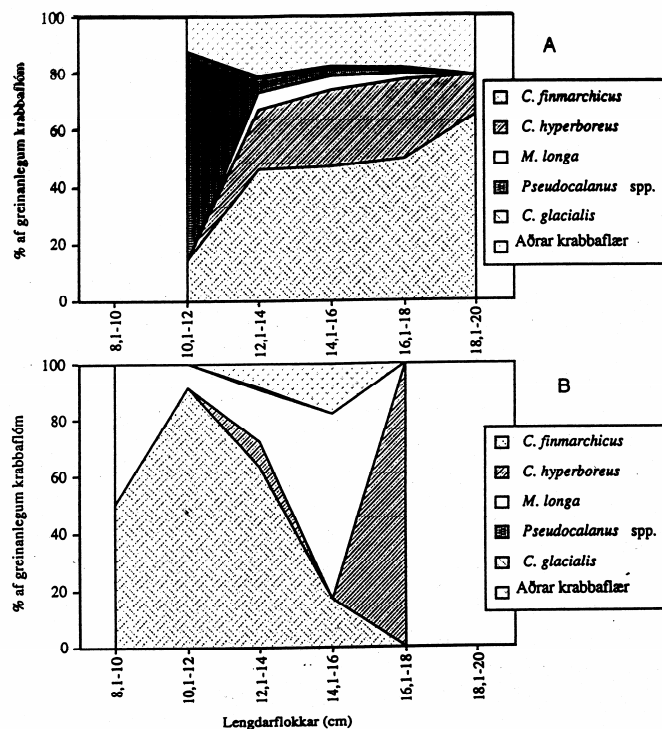


10. mynd. Tengslin á milli lífmassa dýrasvifs að vorlagi norðan Íslands og sjávarhita árin 1960-2004. Hver punktur sýnir meðaltal frá um 26 stöðvum. Beinu línunni má lýsa með jöfnuni $\log(dw+1) = 0,0773 T + 0,4691$; $R^2=0,2359$, $p<0,01$.

Sú staðreynd að sveiflur í átumagni fyrir norðan eru í samræmi við langtímasveiflur átu í öllu norðanverðu Atlantshafi bendir til þess að breytileikinn í átumagni stjórnist að verulegu leyti af hnattrænum þáttum, líklegast tengdum veðurfari, sem hafa áhrif á víðáttumiklu svæði. Á 10. mynd eru sýnd tengsl hitafars fyrir norðan (meðalhitastig á 0-200 m dýpi á stöðvum 1-5 á Siglunessniði) og átumagns (sbr. átugögnin á 9. mynd). Samkvæmt línulegri aðhvarfsgreiningu skýrir meðalhitinn (T) um 24 % breytileikans í átumagni fyrir norðan ($\log(dw+1) = 0,0773 T + 0,4691$; $R^2=0,2359$, $p<0,01$). Þannig virðist augljóst að sjávarhiti á norðurmiðum hefur nokkuð að segja varðandi vöxt og viðgang dýrasvifs á svæðinu. Það er hugsanlegt að aukinn hiti hafi í sjálfu sér þau áhrif að vaxtarhraði átunnar, og þar með átumagnið, aukist. Rannsókir sem gerðar hafa verið á framleiðni rauðátu hér við land benda þó til hverfandi beinna áhrifa hitans í þessu sambandi (Ástþór Gíslason 2005). Hitt er því líklegt að aukning á átumagni í hlýjum árum sé tilkomin vegna þess að hlýsjórinn beri með sér átu inn á norðurmið frá hinum áturíku svæðum fyrir sunnan og vestan landið. Þá er vitað að vöxtur svifþörungna er að jafnaði meiri í hlýjum árum en köldum (Þórunn Þórðardóttir 1984, Kristinn Guðmundsson 1998), og því geta fæðuskilyrði dýrasvifsins, og þar með átumagnið, verið betri í hlýjum árum en köldum (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1995).

Fæða loðnu

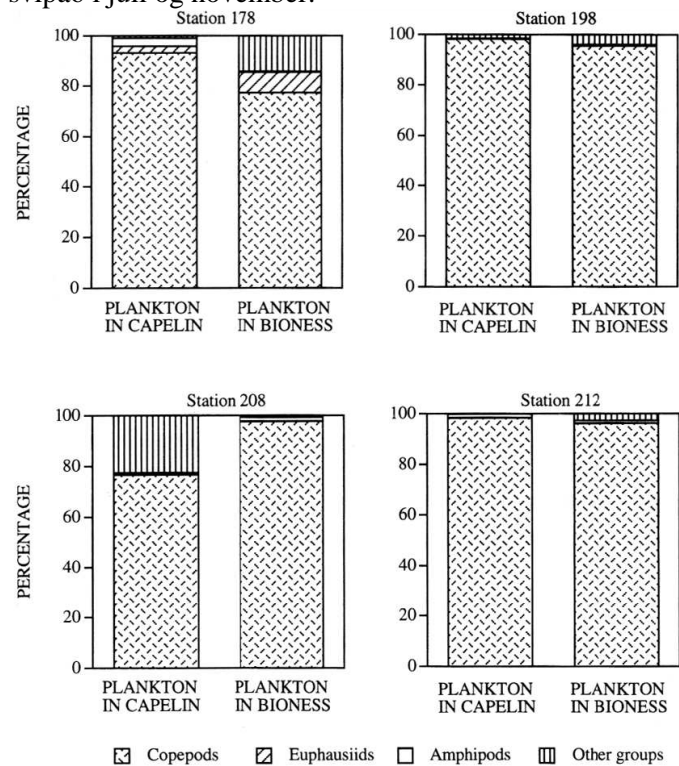
Á sumrin heldur loðnan í ætisleit norður í Íslandshaf, í sumum árum gengur hún allt norður til Jan Mayen (~72°N). Á fæðuslóðinni 3-4 faldar loðnan þyngd sína og fituinnihaldið eykst úr nokkrum prósentum í 15-20% af líkamsþyngd (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Á haustin gengur loðnan svo til baka upp á íslenska landgrunnið og ber þangað gríðarlega orku af norðlægari slóðum þar sem hún verður aðgengileg öðrum tegundum sem bráð.



12. mynd. Krabbaflær (prósentuhlutfall af heildarfjölda greinanlegra krabbaflóa sem komu fyrir í mögunum) í fæðu loðnu fyrir norðan Ísland í júlí 1993 og nóvember 1993. Rannsóknasvæðið nær nokkrun veginn frá 67°N til 69°N og frá 12°V til 24°V (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997).

Miðað við fjölda eru krabbaflær algengasta fæðudýr loðnu af öllum stærðum, um og yfir 92-99% í júlí og 65-93% í nóvember (11. mynd) (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason

1997b). Rauðáta er mikilvægasta einstaka bráðin, 14-65% af greinanlegum krabbaflóm í júlí og 19-85% í nóvember (12. mynd). Á heildina litið er póláta næstalgengasta bráðin. Sé tekið mið af vigt, þá eru krabbaflær um 71-100% fæðunnar en ljósáta 0-23%. Hlutfall þessara hópa miðað við vigt er svipað í júlí og nóvember.



13. mynd. Samanburður á fæðu loðnu og samsetningu átu fyrir norðan land í júlí 1993. Loðnumögum og átu var safnað á sömu stöðum (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997).

Mikilvægi krabbaflóa minnkar í fæðunni eftir því sem loðnan stækkar, en þessu er öfugt farið hvað varðar ljósátu og marflær, mikilvægi þeirra eykst með aukinni stærð loðnu (13. mynd).

Fæðunám loðnunnar virðist vera tengt birtubreytingum og fer fæðunámið aðallega fram í ljósaskiptunum kvölds og morgna (Þorsteinn Sigurðsson og Ólafur S. Ástþórsson 1991).

Samkvæmt rannsóknum Ólafs K. Pálssonar (1974) þá er rauðáta langmikilvægasta fæða loðnuseiða (0-grúppu, 4-6,5 cm) fyrir norðan land, hvort sem miðað er við fjölda eða vigt. Á sumrin étur smáloðna (10-12 cm) einkum tiltölulega smáar krabbaflær eins og *Pseudocalanus* spp. á meðan eldri loðnur (12-20 cm) eru meira í rauð- og pólátu (13. mynd) (Þorsteinn Sigurðsson og Ólafur S. Ástþórsson 1991, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997b). Þannig virðist fæðuvalið vera stærðarháð. Að öðru leyti virðist fæðuval vera mjög takmarkað og loðnan éta það sem er á boðstólum hverju sinni (13. mynd). Þetta samrýmist því að loðnan er síari sem síar megnið af fæðunni úr sjónum með tálknunum, þótt hún kunni einnig að taka stærri bita (t.d. ljósátu) og grípa þá með kjaftinum (Huse og Toresen 1996).

Olíuleitarsvæðið við Jan Mayen

Til viðbótar við það sem kemur fram hér að ofan má nefna, að í tengslum við sameiginlegar síldarrannsóknir okkar og fleiri þjóða í Noregshafi (verkefni nr. 31.07), sem hafa staðið yfir síðan árið 1994, hefur átu í sumum árum verið safnað að vor- og sumarlagi á eða nærri olíuleitarsvæðinu við Jan Mayen. Þær upplýsingar sem liggja fyrir úr þeim rannsóknum eru aðallega um lífmassa átu í yfirborðslögum, en einnig eru til nokkur gögn um samsetningu

átunnar, og stofngerð og framleiðni rauðátu. Þá má og nefna að í vorleiðöngnum árin 1966, 1967 og 1968 var safnað gögnum um lífmassa átu á þessari slóð.

Segja má að ofangreindar rannsóknir gefi allgóðar upplýsingar um helstu grunneinkenni svæðisins hvað varðar magn og tegundasamsetningu dýrasvifs og langtímabreytingar í lífmassa átu, og því er hér ekki gerð tillaga um að safna frekari gögnum um þau efni í tengslum við fyrirhugaða olíuleit. Í þessu sambandi má einnig benda á, að á Hafrannsóknastofnuninni eru til óunnin sýni frá slóðinni, sem hægt er að nýta til að fá ýtarlegri bakgrunnsupplýsingar um magn og tegundasamsetningu ef þörf verður á.

Nauðsyn frekari mælinga

Flestar dýrasvifstegundir hafa mjög takmarkaða hæfileika til að færast úr stað af eigin rammleik, en rekur með straumum. Á úthafssvæðum, þar sem eru tiltölulega ör vatnsskipti, er dýrasvif því ekki heppilegt til að meta staðbundin áhrif mengunar.

Flestar dýrasvifstegundir virðast vera mjög viðkvæmar fyrir olíumengun, einkum svonefndum fjölhringa aromátískum kolvatnsefnum (Polynuclear Aromatic Hydrocarbons, PAHs) (Wells og Percy 1985). Svifdýrin taka þessi efni til sín, ýmist beint úr sjónum sem uppleyst efni, úr fæðunni, eða með því að éta olíuagnir sem eru álíka stórar og fæðan (Wells og Percy 1985). Áhrifin sem PAH-efnin hafa á svifdýr eru misjöfn og fara aðallega eftir styrk þeirra. Væg áhrif felast í breytingum á lífsstarfsemi svo sem hegðun, efnaskiptum, vexti, þroska og æxlun, en í alvarlegri tilfellum drepast dýrin (Wells og Percy 1985).

Í úthafinu leiðir mikil útbreiðsla og mikill vaxtarhraði dýrasvifs, ásamt með tiltölulega örum vatnsskiptum með straumum, yfirleitt til þess að samfélög dýrasvifs ná að jafna sig á tiltölulega skömmum tíma eftir olíumengun (Robertson 1998). Á hinn bóginn hafa hin svonefndu PAH-efni tilhneygingu til að safnast fyrir í sjávarhryggleysingjum, þannig að styrkur þeirra verður því meiri sem ofar dregur í fæðuvefnum (Wells og Percy 1985, Robertson 1998). Svæðið djúpt norðaustur af landinu er hluti af ætisslóð loðnunnar, sem étur dýrasvif, og því kunna PAH-efnin að flytjast um dýrasvifið til hennar. Áður en hafist verður handa við olíuboranir eða –leit er því æskilegt að safna upplýsingum um magn þessara efna í helstu tegundum á svæðinu. Jafnframt þarf að fylgjast með magni þessara efna í lífverum á svæðinu eftir að boranir hefjast

Því er lagt er til að mæla PAH-innihald í eftirtöldum lykiltegundum, sem allar eru algengar í námunda við olíuleitarsvæðið, áður en hafist verður handa við olíuboranir eða –leit: *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus*, *Oithona* spp., *Thysanoessa longicaudata*, *Parathemisto libellula*.

Heimildir

Árni Friðriksson 1944. Norðurlandssíldin. (The herring of the north coast of Iceland. In Icelandic, English summary). Rit Fiskideildar 1, 1-340.

Ástþór Gíslason, Ólafur S. Ástþórsson 1998. Seasonal variations in biomass, abundance and composition of zooplankton in the subarctic waters north of Iceland. *Polar Biology* 20, 85-94.

Ástþór Gíslason 2005. Seasonal and spatial variability in egg production and biomass of *Calanus finmarchicus* around Iceland. *Marine Ecology Progress Series* 286, 177-192.

Conover, R.J. 1988. Comparative life histories in the genera *Calanus* and *Neocalanus* in high latitudes of the northern hemisphere. *Hydrobiologia* 167/168, 127-142.

- Dalpadado, P., Ellertsen, B., Melle, W., Skjoldal, H.R. 1998. Summer distribution patterns and biomass estimates of macrozooplankton and micronecton in the Nordic seas. *Sarsia* 83, 103-116.
- Hirche, H.-J. 1991. Distribution of dominant calanoid copepod species in the Greenland Sea during late fall. *Polar Biology* 11, 351-362.
- Hirche, H.-J. 1997. Life cycle of the copepod *Calanus hyperboreus* in the Greenland Sea. *Marine Biology* 128, 607-618.
- Hjálmar Vilhjálmsson 1994. The Icelandic capelin stock. *Rit Fiskideildar* 13, 1-281.
- Huse G., Toresen R. 1996. A comparative study of the feeding habits of herring (*Clupea harengus*, Clupidae, L) and capelin (*Mallotus villosus*, Osmeridae, Müller) in the Barents Sea. *Sarsia* 81, 143-153.
- Jespersen, P. 1940a. Non-parasitic Copepoda. *Zoology of Iceland* 3, 1-116.
- Jespersen, P. 1940b. Investigations on the quantity and distribution of zooplankton in Icelandic waters. *Meddelelser fra Kommissionen for Danmarks Havundersøkelser, (Serie Plankton)* 3(5), 1-77.
- Kristinn Guðmundsson 1998. Long-term variation in phytoplankton productivity during spring in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 55, 635-643.
- Marshall, S.M., & Orr, A.P. 1972. The biology of a marine copepod. Reprinted by Springer Verlag, Berlin, 195 s.
- Melle W, Ellertsen B., Skjoldal H.R. 2004. Zooplankton: The link to higher trophic levels. In: Skjoldal HR, Sætre R, Færnø A, Misund OA and Rötttingen I (eds) *The Norwegian Sea Ecosystem*. Tapir Academic Press, Trondheim, s. 137-202
- Ólafur K. Pálsson 1974. Investigations on the food of young fish (0-group) in Icelandic waters. (In Icelandic. English summary). *Náttúrufræðingurinn* 44(1), 1-21
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason 1995. Long term changes in zooplankton biomass in Icelandic waters in spring. *ICES Journal of Marine Science* 52, 657-668.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason 1997a. Biology of euphausiids in the subarctic waters north of Iceland. *Marine Biology* 129, 319-330.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason 1997b. On the food of capelin in the subarctic waters north of Iceland *Sarsia* 82, 81-86.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason 2003. Seasonal variations in abundance, development and vertical distribution of *Calanus finmarchicus*, *C. hyperboreus* and *C. glacialis* in the East Icelandic Current. *Journal of Plankton Research* 25, 843-854.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, Guðmundur S. Jónsson 1995. Zooplankton biomass and composition in the western Iceland Sea during autumn. *Extended Abstracts Volume from a Symposium on Nordic Seas, Hamburg*. Arctic Ocean Science Board and Sonderforschungsbereich „Processes relevant to climate“, 21-24.
- Paulsen, O. 1906. Studies on the biology of *Calanus finmarchicus* in the waters round Iceland. *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøkelser, (Serie Plankton)* 1(4), 1-21.
- Robertson, A. 1998. Petroleum hydrocarbons. Í: *AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues*. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 661-716.
- Þorsteinn Sigurðsson, Ólafur S. Ástþórsson 1991. Aspects of the feeding of capelin (*Mallotus villosus*) during autumn and early winter in the waters north of icleand. *ICES CM* 1991/H49, 16 s.
- Þórunn Þórðardóttir 1984. Primary production north of Iceland in relation to water masses in May-June 1970-1980. *ICES CM* 1984/L: 20, 17 s.

Wells, P.G., Percy, J.A. 1985. Effects of oil on Arctic invertebrates. Í: Engelhardt,FR (ritstj.), *Petroeleum effects in the Arctic environment*. Elsevier Applied Science Publishers Essex, England, 101-156.

With, C. 1915. Copepoda I. Calanoida Amphascandria. *Den Danske Ingolf Expedition* 3(4), 1-270.

BOTNDÝR

Fyrri rannsóknir

Takmarkaðar upplýsingar eru til um botndýralíf í Íslandshafi. Á árunum 1895 og 1896 var farinn umfangsmikill leiðangur um Norðurhöf og m.a. á hafsvæðið við Ísland á danska gæslu- og rannsóknaskipinu Ingolf. Nokkrar af stöðvum Ingolfleiðangursins eru í austanverðu Íslandshafi. (1. mynd). Í leiðöngrunum var safnað fjöldi botndýrasýna sem fóru til Náttúrugripasafnsins í Kaupmannahöfn. Niðurstöður af greiningum dýra úr þeim sýnum sem safnað var í Ingolf-leiðöngrunum voru síðan birtar í safni greina um niðurstöður leiðangursins varðandi einstaka dýrahópa. Fyrstu greinarnar komu út skömmu eftir leiðangurinn og síðan hver af annari, þó óreglulega og kom síðasta greinin út um 1950. Þá hafa verið birtar í ritröðinni Zoology of Iceland (ZI) greinar um einstaka botndýrahópa út frá öllum fyrirliggjandi gögnum m.a. úr Ingolf leiðöngrunum. Greinarnar í ZI komu flestar út á árunum 1937 til 1990. Ekki er til neitt yfirlit um botndýrasamfélög á Íslandshafi en upplýsingar um tegundir sem fundust á svæðinu eru dreifðar í umfjöllunum um einstaka dýrahópa.

BIOICE

Árið 1992 hófust umfangsmiklar rannsóknir á botndýrafánu innan íslensku fiskveiðilögsögunnar. Að söfnuninni stóðu Íslendingar, Norðmenn og Færeyingar. Safnað var sýnum af tæplega 600 stöðvum sem dreifð voru um alla lögsöguna (2. mynd)

Fyrirhugað olífuleitarsvæði er staðsett djúpt NA af Langanesi (3. mynd A). Stór hluti svæðisins er innan 200 mílna lögsögu Íslands en hluti þess utan hennar. Á vegum BIOICE verkefnisins voru tekin botndýrasýni á 12 stöðum innan olífuleitarsvæðisins, á 1177 til 2215 metra dýpi (1. tafla, 3. mynd B). Sýnin voru tekin með botngreip og Sneli-sleða á rs Hákon Mosby rannsóknaskipi Háskólans í Björgvin í júní árin 2001 og 2004.

Botnhiti var undir 0°C og selturíkur, sem er einkennandi fyrir djúpsjó Norðurhafa. Erfitt er að taka greiparsýni til kornastærðargreiningar af svo miklu dýpi og því eru engar beinar upplýsingar til um botngerð á þessum stöðum.

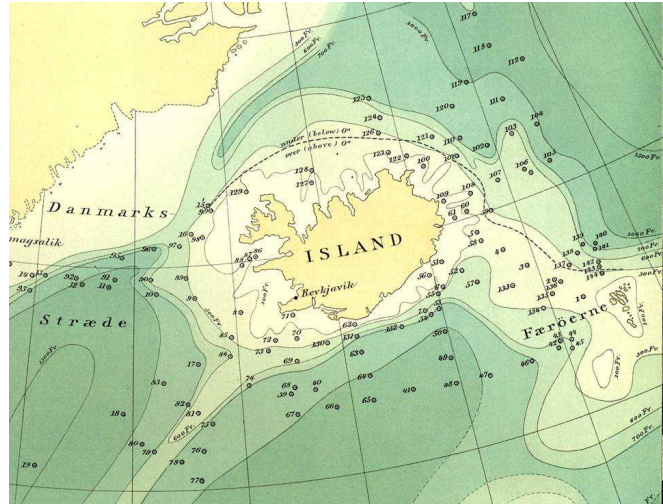
Búið er að frumvinna 10 af þeim 12 sýnum sem safnað var, með því að flokka dýr úr þeim í helstu hópa botndýra (2. tafla). Burstaormar (Polychaeta) voru ríkjandi á öllum stöðvum (36 – 52% af heildarfjölda dýra á stöð) nema á stöð 3 (4. mynd). Götungar (Foraminifera) voru næst algengastir (10 – 18%) en aðrir hópar komu fyrir í minni mæli. Miðað við aðrar stöðvar á svæðinu hafði botndýralíf á stöð 3 sérstöðu, en þar voru hornkórallar (Gorgonacea) og svampar (Porifera) áberandi. Mól og hnullungar voru í söfnunartækinu þegar sýnið kom úr hafi, sem bendir til að þar sé harðari botn en annars staðar á svæðinu, en samsetning fánunnar á öðrum stöðvum bendir til þess að mjúkur botn sé víða innan fyrirhugaðs olífuleitarsvæðis.

Greining á tegundum dýra í umræddum sýnum er á byrjunarstigi. Búið er að greina skeldýr og hveldýr (Alcyonacea, Pennatulacea) af stöð 1 og 2. Mest var af samlokunum *Bathyarca pectunculoides* og *Lyonsiella abyssicola* og leðurkórallnum *Gersemia fruticosa* (Alcyonacea).

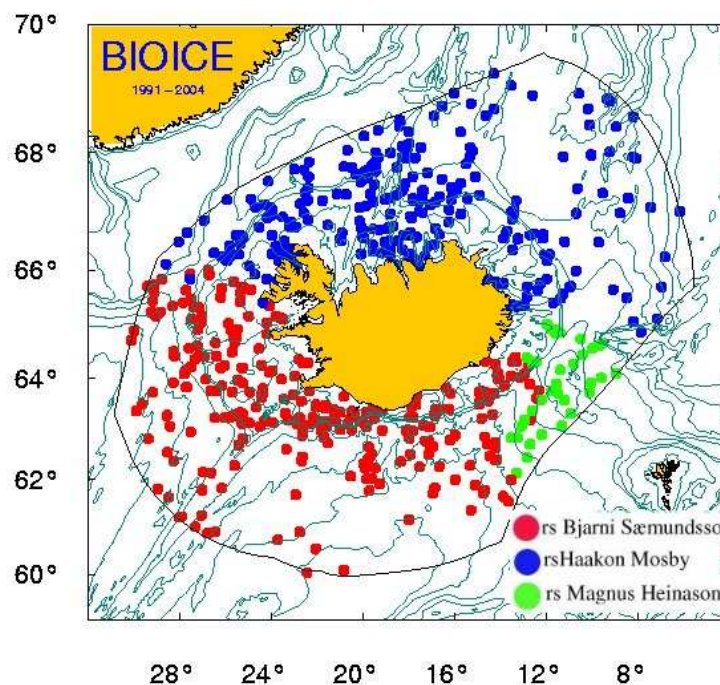
Verndargildi og hætta á raski

Verndunargildi botndýrasamfélaga hefur verið metið út frá því hvort um er að ræða sjaldgæfar lífverur eða viðkvæm búsvæði sem tekur langan tíma að byggja upp á ný. Dæmi um viðkvæm búsvæði í sjónum við Ísland eru kaldsjávarkórallar sem hafa fundist út af Suður- og Vesturlandi. Samkvæmt Alþjóðasamningum (t.d. EES og OSPAR) skulbindum við Íslendingar okkur til að forðast röskun tiltekinna búsvæða og tegunda sem hafa ótvírætt verndargildi. Sum þessara búsvæða er að finna í Norðurhöfum. Til að meta hættu á slíkri

röskun þarf að kortleggja búsvæði á þeim svæðum sem líklegt er að verði fyrir röskun af völdum framkvæmda við olíuleit og olíuvinnslu á Drekasvæðinu. Hentugast yrði að gera nákvæmt kort yfir botngerð og lögun á svæðinu. Út frá slíkum kortum má velja svæði sem líklegt er að hýsi viðkvæm dýr og búsvæði til nánari rannsókna með fjarstýrðum neðansjávarmyndavélum og sýnatökutækjum. Slíkt hefur verið gert með góðum árangri við suðurströnd Íslands og víða annars staðar út í heimi.



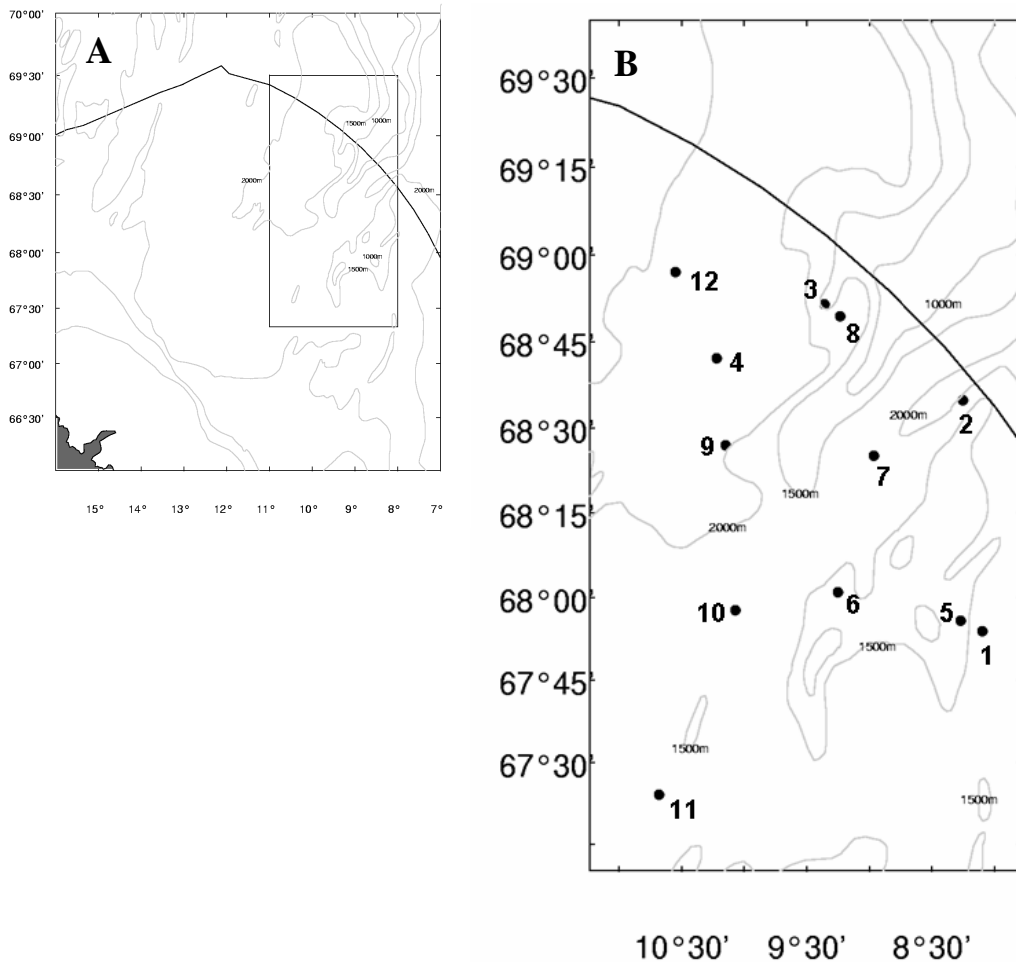
1. mynd. Botndýrastöðvar í Ingolfleiðöngrunum 1895 til 1896 á svæðinu umhverfis Ísland (Wandel1898).



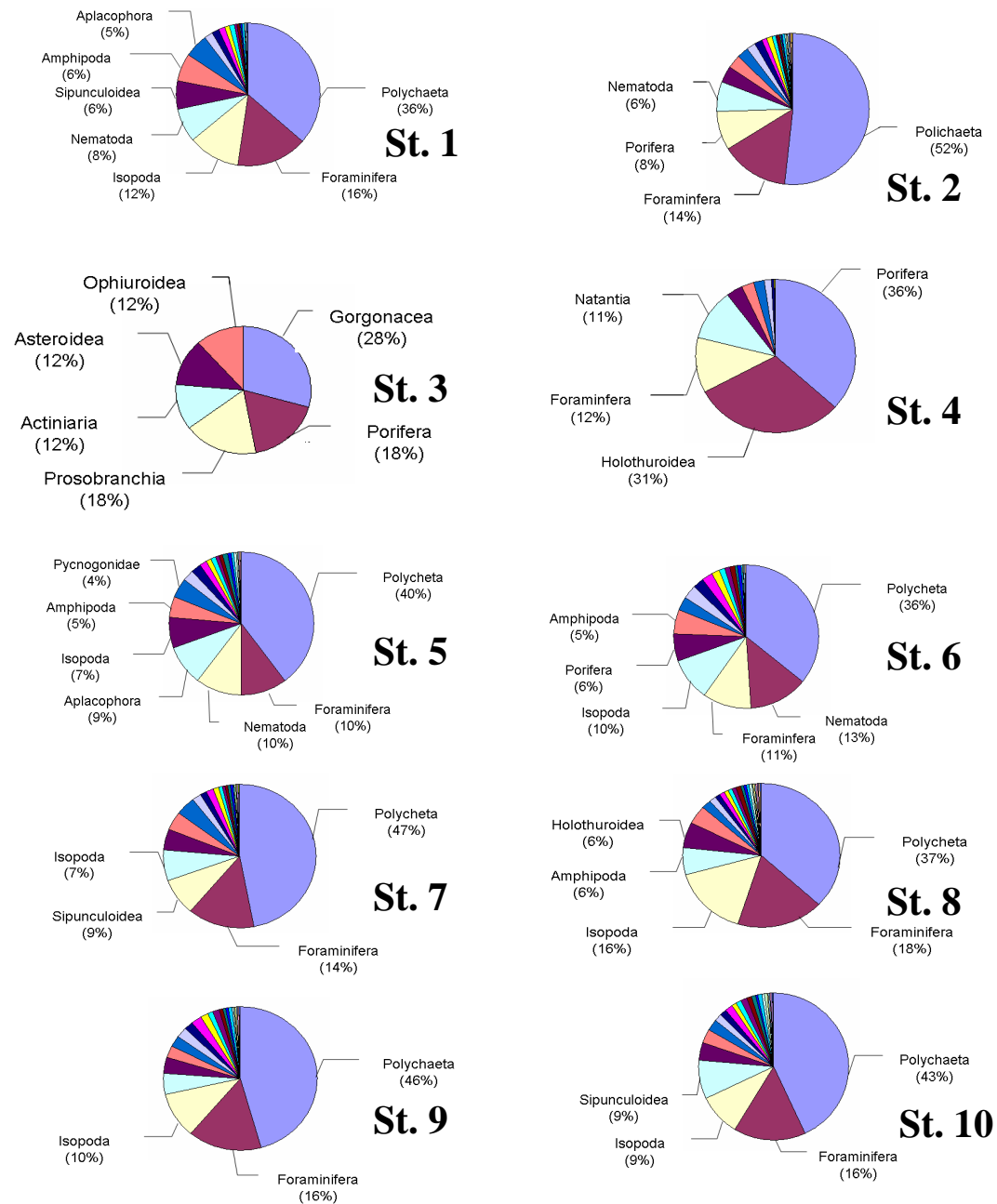
2. mynd. Botndýrastöðvar í BIOICE-verkefninu á árunum 1992 til 2004 (Sigmar Steingrímsson)

1. tafla. Stöðvar teknar í leiðöngurum BIOICE 2001 og 2004 á fyrirhuguðu olúfuleitarsvæði.

Leiðangur	Stöð	Breidd	Lengd	Dýpi	Botnhiti	Botnselta
HM-1-2001	1	675393	80567	1540	-0.83	34.91
HM-1-2001	2	683484	81505	1997	-0.86	34.91
HM-1-2001	3	685149	92156	1177	-0.82	34.91
HM-1-2001	4	684211	101293	2108	-0.82	34.91
HM-1-2004	5	675576	81589	1481	-0.84	34.90
HM-1-2004	6	680092	91478	1727	-0.82	34.90
HM-1-2004	7	682512	85772	1952	-0.84	34.90
HM-1-2004	8	684949	91397	1853	-0.81	34.90
HM-1-2004	9	682692	100875	2069	-0.80	34.90
HM-1-2004	10	675765	100413	1917	-0.82	34.90
HM-1-2004	11	672422	104059	1703	-0.81	34.91
HM-1-2004	12	685710	103280	2215	-0.79	34.90



3. mynd. A) Staðsetning fyrirhugaðs olúfuleitarsvæðis. B) Stöðvar BIOICE verkefnisins (●) sem falla innan fyrirhugaðs olúfuleitarsvæðis.



4. mynd. Botndýrasýni BIOICE frá fyrirhuguðu olíuleitarsvæði. Niðurstöður frumflokunar eru sýndar sem hlutfallsleg skipting dýrahópa eftir fjölda dýra í sýni.

2. tafla. Niðurstöður frumflokkunar á sýnum sem tekin voru í leiðöngrum BIOICE 2001 og 2004 á fyrirhuguðu olúleitar svæði. Sýndir eru þeir hópar botndýra, sem fundust í sýnum og fjöldi einstaklinga (heildarfjöldi á stöð).

Botndýr	Leiðangur Stöð	2001				2004					
		11	12	13	14	4	5	6	7	8	9
Götungar	Foraminifera	1188	1088		66	657	1000	1202	1200	1800	1371
Svampar	Porifera	3	626	3	205		564	403	45	421	267
Hveldýr	Cnidaria							1			
Smáhveljur	Hydrozoa		1				239			6	
Stórhveljur	Scyphozoa	163	2			1	2	4		1	
Hornkórallar	Gorgonacea	1	11	5		1	6	17	57	232	108
Sæfíflar	Actiniaria	2	179	2		10	11	9	72	318	142
Iðormar	Turbellaria									1	
	Nemertini	25	24			104	61	106	18	26	12
Þráðormar	Nematoda	591	471			648	1187	61	282	251	47
Bjúgormar	Priapulida	9									
Burstaormar	Polychaeta	2763	3883		7	2516	3294	4038	2506	5205	3724
Margöndlar	Sipunculoida	478	148			55	265	731	64	277	740
Krabbadýr	Krabbadýr										
	Crustacea ógr.		9				22				12
	Hrúðurkarlar		2			14		3	1	5	1
	Samlokukrabbar	13	1			12	112	11	32	10	53
	Agnir	77	14			14	3	17	14		16
	Pungrækjur	121	37			157	63	15	27	54	77
	Tanaidacea	105	123			16	155	170	129		64
	Jafnfætlur	888	278			442	881	593	1073	1164	789
	Marflær	476	209		13	312	497	341	418	240	221
	Rækjur	24	84		60	55	17	17	96	143	48
Sækóngulær	Pycnogonida	7	26		1	274	1		3	74	19
Skeldýr	Skelleysingjar	400	56			575	296	133	58	91	134
	Fortálknar	38	27	3	3	143	6	56	71	147	103
	Baktálknar	11	12			69		54	12	29	29
	Samlokur	85	16			69	20	53	39	192	100
	Sætennur	7				5	1	8			
	Smokkar		1					1			
Armfætlur	Brachiopoda		3								
Mosadýr	Bryozoa		21				127	4			3
Skrápdýr	Sælliljur		14					6	13	20	131
	Krossfiskar	48	30	2	14	39	10	5	22	77	36
	Slöngustjörmur	28	2	2		58	1		1	10	
	Ígulker		6					2	38	31	2
	Sæbjúgu	5	84		171	61	95	368	396	536	330
Sæsveppir	Asciacea		1				6	125	22		

3. tafla. Fyrstu niðurstöður tegundagreiningar úr sýnum BIOICE, sem falla innan fyrirhugaðs leitarsvæðis.

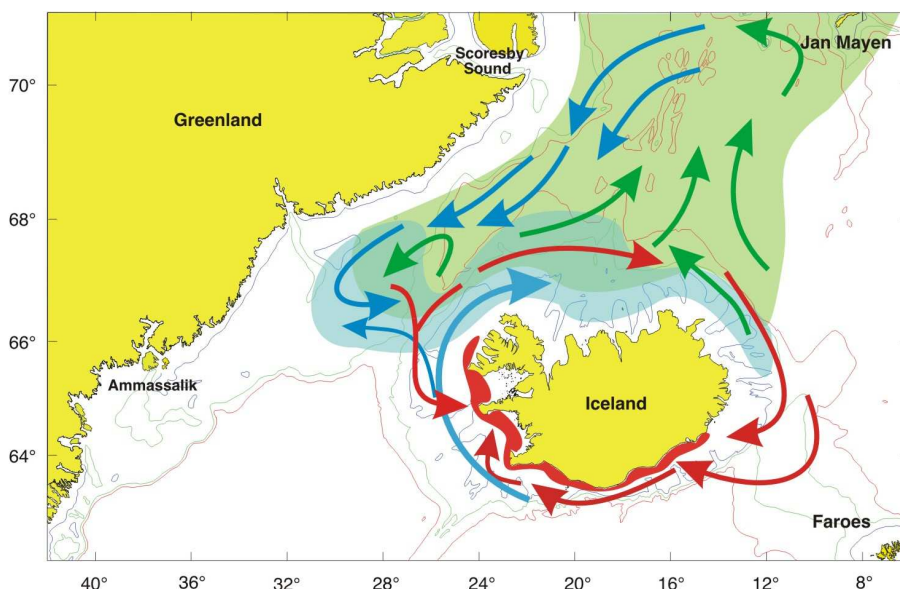
Leiðangur	Stöð	Flokkunareining	Tegund
HM-1-2001	1	Cnidaria, Anthozoa, Octocorallina (=Alcyonaria), Alcyonacea	Gersemia fruticosa (Sars, 1860)
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Buccinidae	Turrisipho dalli
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Buccinidae	Colus gracilis
HM-1-2001	1	Mollusca, Bivalvia, Ledidae	Yoldiella sp.
HM-1-2001	1	Mollusca, Bivalvia, Ungulinidae	Thyasira sp.
HM-1-2001	1	Mollusca, Bivalvia, Arcidae	Bathyarca pectunculoides
HM-1-2001	1	Mollusca, Bivalvia, Verticordiidae	Lyonsiella abyssicola
HM-1-2001	1	Mollusca, Bivalvia, Cuspidariidae	Cuspidaria sp.
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Melanellidae	Melanella sp.
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Naticidae	Natica clausa
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Cancellariidae	Iphinopsis inflata
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Cerithiidae	Cerithiella danielseni
HM-1-2001	1	Mollusca, Gastropoda, Pleurotomidae	Oenopota decussata
HM-1-2001	2	Cnidaria, Anthozoa, Octocorallina (=Alcyonaria), Alcyonacea	Gersemia fruticosa (Sars, 1860)
HM-1-2001	2	Cnidaria, Anthozoa, Octocorallina (=Alcyonaria), Pennatulacea	Kophobelemnon sp.
HM-1-2001	2	Mollusca, Gastropoda, Scissurellidae	Anatoma crispata

LOÐNA

Loðnan, elst upp í Íslandshafi, milli Íslands, Grænlands og Jan Mayen en hrygnir í Atlantssjónum við suður- og vesturströnd Íslands og í miklu minna mæli í flóum og fjörðum norðanlands og austan (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Hún hrygnir aðallega á sandbotni á 5-150 m dýpi þar sem hrognin límast við botninn. Venjulega er hrygningartíminn við suðurströndina frá því seint í febrúar og fram í apríl, en seinna fyrir norðan land og austan. Sunnan- og vestanlands klekjast lirfurnar út á um það bil þremur vikum, fljóta þá upp undir yfirborð og berast síðan með hafstraumum réttisælis á uppeldisstöðvarnar norðan lands og austan og út í Grænlandssund og jafnvel enn lengra vestur (Jutta Magnússon 1966, Hjálmar Vilhjálmsson og Eyjólfur Friðgreisson 1975, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 1994). Til 2ja ára aldurs elst loðnan því upp í köldum sjó norðan við land.

Á haustin safnaðist loðnan yfirleitt saman út af Norðausturlandi, vestanverðu Norðurlandi og stundum beggja megin við dýpsta álinn í Grænlandssundi (1. mynd). Þarna var um langt skeið tiltölulega auðvelt að bergmálmæla fjölda smáloðnu sem síðan var notaður til að spá um loðnugengd næstu vertíðar með góðum árangri – þar til fyrir nokkrum árum eins og síðar verður rakið.

Á þriðja sumri æviskeiðsins fer meiri hluti fullorðnu loðnunnar í langar ætisgöngur norður í Íslandshaf (hafsvæðið milli Íslands, Grænlands og Jan Mayen). Loðnan snýr síðan til baka að haustinu suður á utanvert landgrundi norðan lands og út af Vestfjörðum í október-nóvember, og þaðan hefst svo hrygningargangan í desember, venjulega austur og suður um utan við kantinn út af Austfjörðum. Stöku sinnum koma stórar hrygningargöngur vestan að, en það eru undantekningar. Göngur loðnunnar frá vöggum til grafar eru sýndar í hnotskurn, eins konar meðaltal, á 1. mynd (Hjálmar Vilhjálmsson 2002).



1. mynd. Útbreiðsla og göngur hinna ýmsu aldurshópa íslensku loðnunnar 1976-1999. Rautt: Hrygningarsvæði. Ljósblátt: Uppeldisstöðvar. Grænt: Ætissvæði fullorðinnar loðnu. Grænar örvar: Ætisgöngur. Bláar örvar: Haustgöngur af ætissvæðum. Rauðar örvar: Hrygningargöngur.

Margt bendir til að útbreiðsla og göngur loðnunnar hafi breyst á undanförunum árum frá þeirri mynd sem dregin er hér að framan. Hvort þær breytingar eru tímabundnar eða til langs tíma er ekki hægt að fullyrða. Loðnan hefur, að minnsta kosti til skamms tíma, verið langmikilvægasti nytjastofn Íslendinga í Íslandshafi og einnig í nágrenni við fyrirhugað olíuleitarsvæði sunnan við Jan Mayen. Við

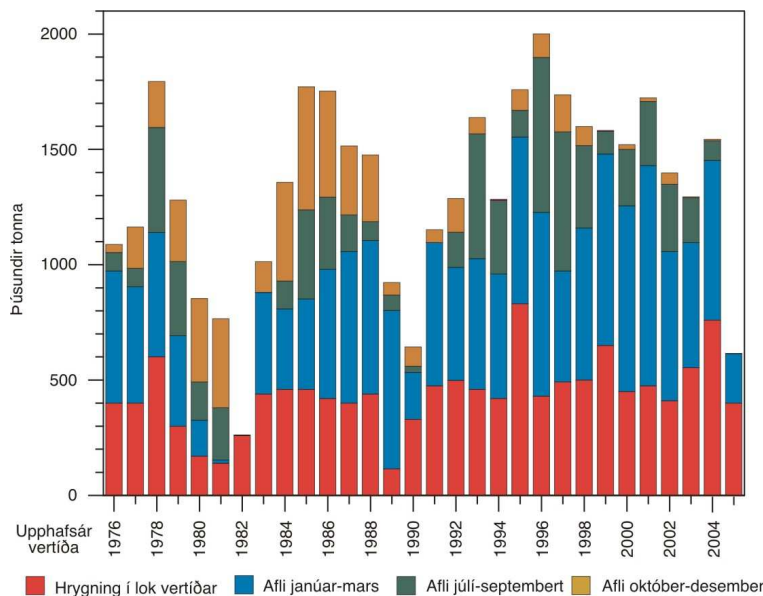
skipulagningu olíuleitar og vinnslu á svæðinu þarf því sérstaklega að huga að og fyrirbyggja eins og unnt er mögulega röskun á lífshæðum loðnunnar og nytjum á henni.

Veiðar

Veidur á loðnu hófust fyrir alvöru upp úr miðjum 7. áratugnum þegar farið var að veiða loðnu á vetrum úr hrygningargöngum við suðurströnd landsins. Veturinn 1972 hófust loðnuveiðar einnig utan við landgrunnskantinn úti af Austfjörðum. Vetrarveiðarnar úr hrygningargöngu loðnunnar voru einu veiðarnar fyrst í stað, en sumarið 1976 hófust sumarveiðar á loðnu úti af Norðurlandi og seinna um haustið í Grænlandssundi vestur af Vestfjörðum. Þessum veiðum var fram haldið árið eftir. Síðsumars 1978 fundu Norðmenn loðnu milli Jan Mayen og Grænlands og hófu þar veiðar ásamt Færeyingum, Dönnum og Bretum. Merkingar sem gerðar voru sumarið og haustið 1978 sýndu svo ekki varð um villst að allar þessar þjóðir voru að veiða úr sama stofni, nefnilega þeim sem hrygnir við suður- og vesturströnd Íslands í mars/apríl. Á þessum árum jókst loðnuafllinn gríðarlega og ljóst varð að brýna nauðsyn bæri til að mæla stærð veiðistofnsins og helst að geta sagt fyrir um hana að minnsta kosti ár fram í tímann. Að öðrum kosti yrði ómögulegt að stjórna veiðum úr þessum mikilvæga stofni af einhverju viti, en slíkt myndi fyrr eða síðar leiða til hruns stofnsins og ætisleysis fyrir þorsk fleiri fiska.

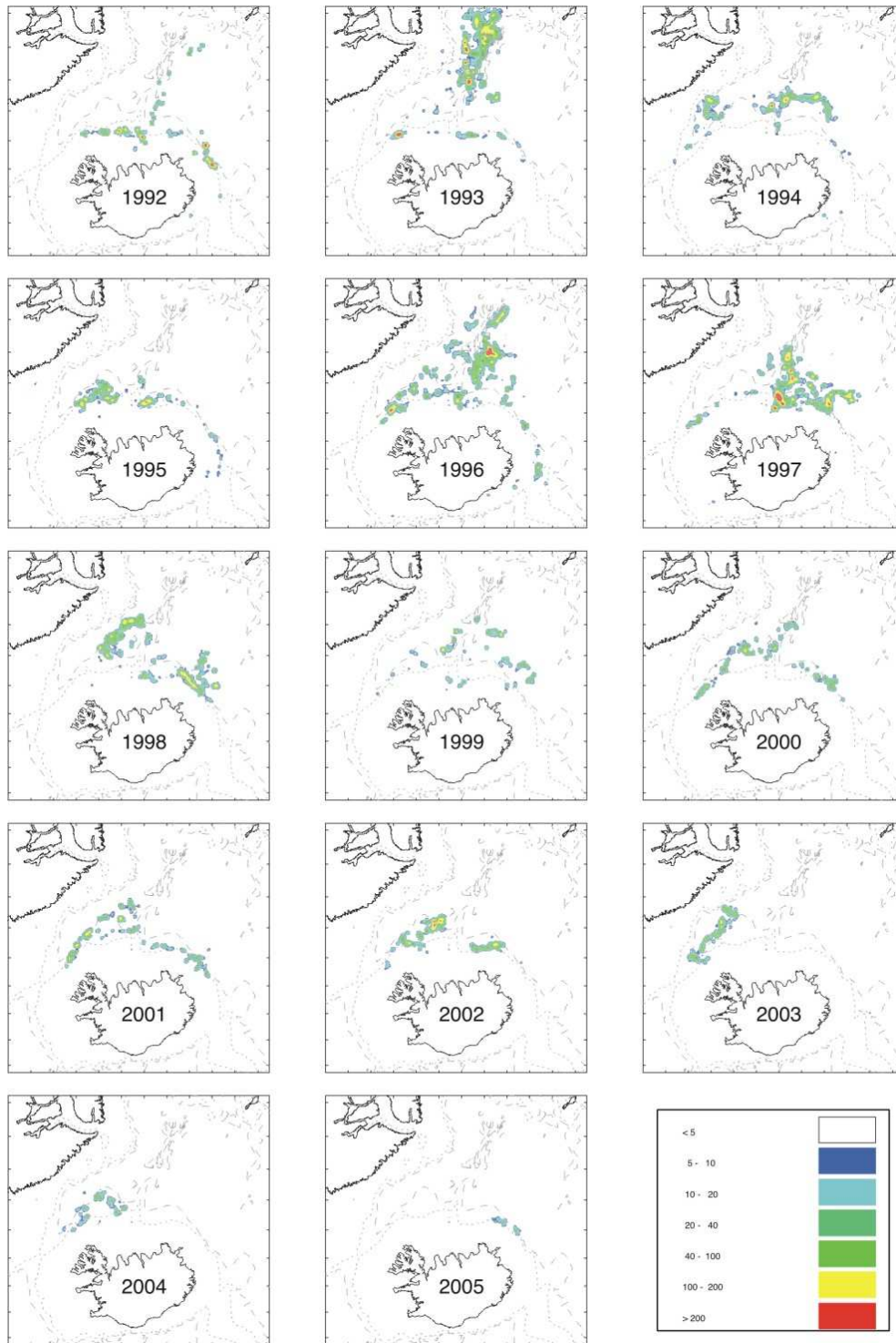
Ætissvæði fullorðnu loðnunnar í Íslandshafi reyndist gríðarstórt og síðsumars veiddist loðna af og til austan við Jan Mayen og einnig alllangt norðaustur af eyjunni, þótt aðal veiðisvæðið væri oftast nærri Eggvin-grunni milli Jan Mayen og Grænlands í seinni hluta ágúst og fram í september. Loðnan virtist einnig ganga suður um aftur talsvert vestar en í göngunni norður fyrri hluta sumars, enda hafði þá hlýnað verulega í vestanverðu Íslandshafi (Hjálmar Vilhjálmsson 1994).

Um fimm árum eftir að sumarveiðarnar byrjuðu hrundi stofninn. Í framhaldi var sett veiðibann sem stóð frá áramótum 1981/82 til haustsins 1983, eftir að gengið hafði verið úr skugga um það með bergmálmælingum að hrygningarstofninn hefði náð sér á strik aftur. Sumarveiðar hófust í Íslandshafi á nýjan leik og var sumarveiðin um 520 000 t til jafnaðar næstu fjögur árin. Eftir það hallaði undan fæti og segja má að sumarveiðar hafi verið óverulegar árin 1989-1991 enda stofninn þá í lægð. Eftir 1992 var meðalveiðin að sumar- og haustlagi stopul og til jafnaðar um 225 000 t, að undanskildum árunum 1993 og 1996-1998, þegar meðalafllinn var rúm 700 000 t.



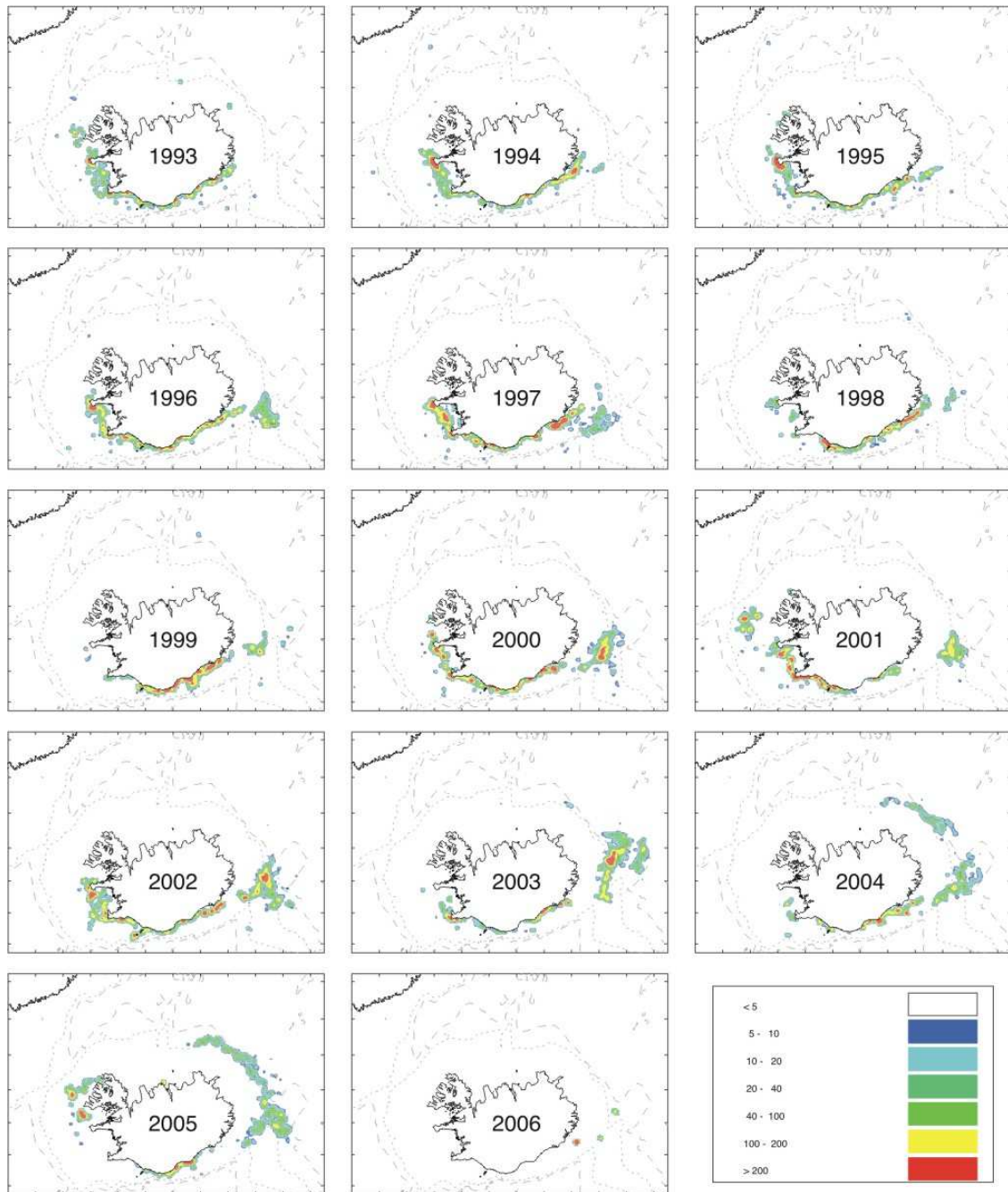
2. mynd. Heildarloðnaflí allra þjóða og hrygning í lok veiða á vertíðunum 1976/77-2005/06

Á 2. mynd er sýndur loðnuaflinn frá 1962 eftir vertíðum (sumar, haust og vetur) (Anon. 2006). Eins og sjá má, gaf haustvertíðin oft drjúgan hluta heildaraflans allt fram undir 1990 þegar stofninn hrundi í annað sinn. Eftir það hefur haustveiðin verið óverulegur hluti heildarafla hvarrar vertíðar og nánast engin síðan 1998. Á þessu tímabili hafa sumarvertíðir einnig verið heldur lélegar og nánast ekkert fengist seinustu tvö árin. Aukin umsvif við síldar- og kolmunnaveiðar skýra rýrari sumarveiði að einhverju leyti en alls ekki hinar aumlegu haustvertíðir.



3. mynd. Dreifing sumar- og haustaflans 1992-2005 (Höskuldur Björnsson)

Talsverður breytileiki hefur verið á því hvar veiðin hefur farið fram (3. mynd). Sumar- og haustveiðin í Íslandshafi minnkaði smám saman fram til ársins 2002 eða svo, og hefur síðan færst á svæðið vestur í Grænlandssund og norður af Vestfjörðum á allra síðustu árum. Minniháttar haustveiði 2005 fór fram í desember (3. mynd). Frá 2003 hafa veiðar á vetrarvertíð einkennst af mun minni veiði en áður fyrir suðurströndinni og vestan lands, en þeim mun meiri veiði fyrir Suðausturlandi og djúpt fyrir austan land (4. mynd).



4. mynd. Dreifing vetraraflans 1993 – 2006 (Höskuldur Björnsson)

Loðna sem bráð

Loðna er mjög mikilvægur þáttur í lífríki sjávarins alls staðar þar sem hana er að finna og ekki síst á Íslandsmiðum. Tilraun var gerð til að meta mestu afföllin hjá íslensku loðnunni og hvaða afræningjar koma þar við sögu í sérstöku fjölstofnarannsóknunum sem unnar voru á Hafrannsóknastofnuninni á árunum 1992-1996 (Ólafur K. Pálsson og Jakob Jakobsson 1997). Út frá þessum og öðrum gögnum hefur Hjálmar Vilhjálmsson (2002) reynt að meta afföll loðnu af völdum helstu afræningja.

Tafla 1. Aðalafæringjar loðnu í Íslandshafi og áætlað át þeirra á ársgrundvelli (Hjálmar Vilhjálmsson 2002).

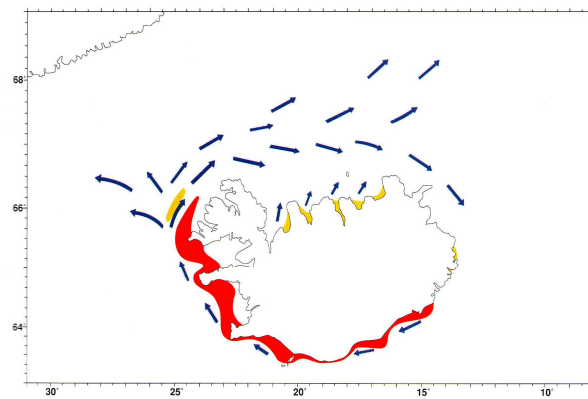
Afræningi	Ársát af loðnu (þús. tonn)	Ársát af loðnu (þús. tonn)	Heimild
Þorskur, <i>Gadus morhua</i>	620		Hödkuldur Björnsson <i>ofl.</i> (1997)
Þorskur		900***	Höskuldur Björnsson, MRI (unpublished)
Ufsi, <i>Pollachius virens</i>	100	100	Sig. Þ. Jónsson (1997)
Ýsa, <i>Melanogrammus aeglefinus</i>	80**	80**	Haraldur Einarsson (1997)
Grálúða, <i>Reinhardtius hippoglossoides</i>	220**	220**	Jón Sólmundsson (1997)
Hrefna, <i>Balaenoptera acutorostrata</i>	610	610	Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson (1998), Jóhann Sigurjónsson <i>ofl.</i> (2000)
Hnúfubakur, <i>Megaptera novaeangliae</i>	120		Jóh. Sigurjónsson, Gísli Víkingsson (1998), Gunnar Stefánsson <i>ofl.</i> (1997)
Hnúfubakur		800***	Þorvaldur Gunnlaugsson, Gísli Víkingsson (2001)
Langreyður, <i>Balaenoptera physalus</i>	60	60	Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson (1998)
Langvía, <i>Uria aalge</i>	70*	140**	Kristján Lilliendal, Jón Sólmundsson (1997)
Stuttnefna, <i>Uria lomvia</i>	40*	80**	Kristján Lilliendal, Jón Sólmundsson (1997)
Álka, <i>Alca torda</i>	15*	30**	Kristján Lilliendal, Jón Sólmundsson (1997)
Lundi, <i>Fratercula arctica</i>	25*	50**	Kristján Lilliendal, Jón Sólmundsson (1997)
Rita, <i>Rissa tridactyla</i>	15*	30**	Kristján Lilliendal, Jón Sólmundsson (1997)
Fýll, <i>Fulmarus glacialis</i>	10*	20**	Kristján Lilliendal, Jón Sólmundsson (1997)
Samtals	1985	3120	
Loðnuveiðar (meðalafli síðustu 30 ára)	900	900	Anon. 2006
Samtals	2885	4020	

*Sumarát eingöngu. **Yfirfærsla höfundar á grunnupplýsingum í líklegt ársát. *** Nýtt mat á núverandi áti.

Framlag loðnustofnsins í fæðu annarra dýrastofna gæti því numið um 2-4 milljónum tonna að meðaltali árlega og má ljóst vera að loðna hlýtur að vera mjög þýðingarikil bráð nytjafiska, sjófugla og hvala í Íslandshafi. Sem dæmi um þýðingu loðnunnar í fæðu þorsks má nefna að þegar loðnustofninn

hrundi um 1980, var það af mannavöldum og leiddi til þess að meðalstór þorskur léttist um 25-30% um tíma. Hrun loðnustofnsins um 1990, sem var hins vegar af náttúrulegum ástæðum, hafði samsvarandi áhrif á vöxt þorsks, þótt þau væru nokkru minni en 1980.

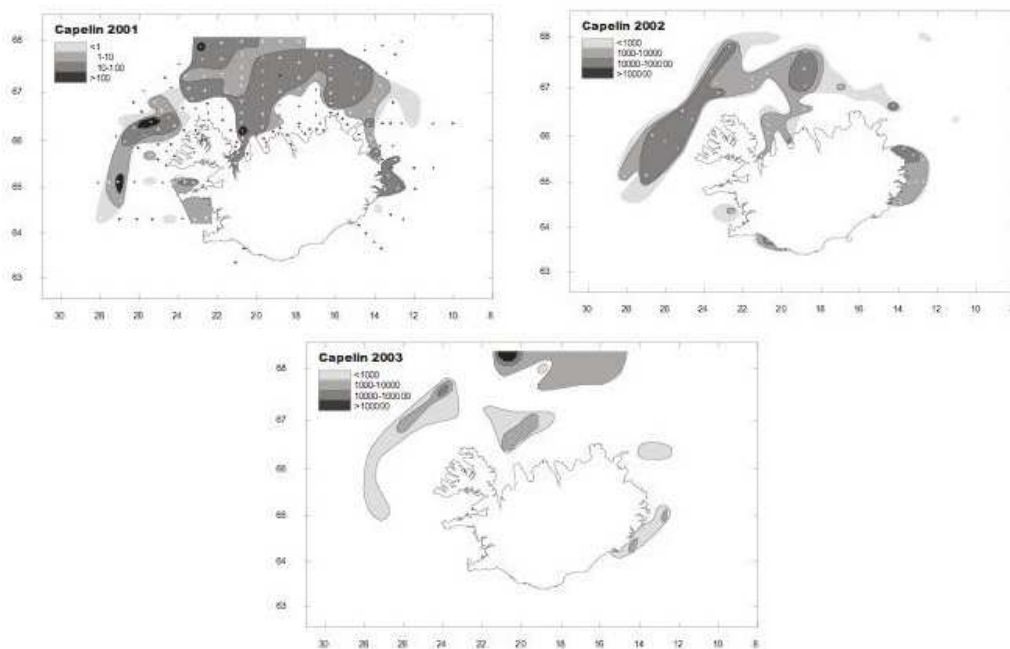
Vegna breytinga á seiðareki hefur svo til engin loðna alist upp við Ísland eftir 2000, til hrellingar fyrir t.d. smáþorsk og sjófugla. Fullorðna loðnan hefur einnig haldið sig fjarri. Benda má á að frá árinu 1998 hafa göngur fullorðinnar loðnu að haust- og vetrarlagi verið með þeim hætti að þorskur hefur ekki náð til hennar nema að litlu leyti miðað við langt árabíl fyrir þann tíma. Það er því ekki að undra þótt þorskurinn hafi verið rýrari í roðinu undanfarið heldur en áður var.



5. mynd. Aðalhrygningasvæði (rauðir fletir), önnur smærri hrygningasvæði (gulir fletir) og aðalrekbrautir loðnuseiða (örvar) á árunum 1970-2000.

Seiðarek

Á árunum 1970 til 2004 voru gerðar mælingar á fjölda og útbreiðslu seiðastigs ýmissa tegunda nytjafiska á íslensku hafsvæði, sem tóku einnig til svæðisins milli Íslands og Austur-Grænlands. Mælingarnar voru gerðar í ágústmánuði. Fengust úr þeim ítarlegar upplýsingar um breytileika í seiðareki og vexti loðnuseiða. Aðaldrættirnir í reki loðnuseiða á tímabilinu 1970 – 1993 eru sýndir á 5. mynd.



6 mynd. Breytingar á útbreiðslu og fjölda loðnuseiða 2001-2003 (Sveinn Sveinbjörnsson og Einar Hjörleifsson 2003).

Breytingar virðast hafa átt sér stað í rekleiðum loðnuseiða á seinni árum (6. mynd, Sveinn Sveinbjörnsson og Einar Hjörleifsson 2003). Í stað þess að loðnuseiðin reki norður fyrir land og loðnan alist upp þar, hafa seiðin rekið yfir til Austur-Grænlands og alist upp þar, sennilega á landgrunninu norður af Dohrn Banka yfir til Ammassalik.

Hlýnun sjávar

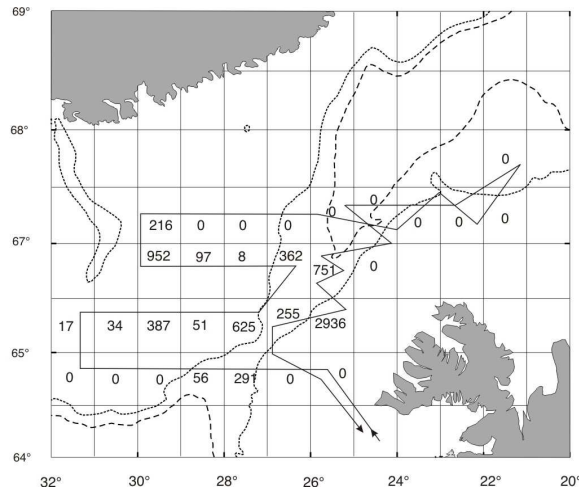
Upp úr 1996 fór hiti og selta hækkandi í Atlantssjónum sunnan og vestan við landið. Álíka breytinga varð vart á næstu árum norðan og austan við land (Anon. 2006b). Hin auknu hlýindi sem þessu fylgdu hafa með frávikum verið viðvarandi síðan og nema um 1 °C sunnanlands en um 1-2 °C fyrir norðan. Þá hefur seltan vaxið úr 35,01 í 35,13 fyrir sunnan og úr um 34,6 í 34,8 fyrir norðan. Ennfremur hækkaði hiti og selta í Austur-Íslandsstraumnum, einkum sunnantil. Hiti í sunnanverðu Íslandshafi 2005 var yfir meðallagi (Mork, 2006) og fréttir hafa borist af hlýrri og saltari sjó í vestanverðu Noregshafi (Anon. 2005b). Hlýrri og selturíkari sjór í Grænlandssundi getur haft þau áhrif að hlýrra sé á Grænlandsflákanum þar vestur af. Þetta eru gríðarmiklar breytingar á hafsvæðinu og líklegar til að hafa umtalsverð áhrif á lífríkið, t.d. í formi breytinga á tegundasamsetningu og magni (aukningu) bæði plöntu- og dýrasvífs sem eru líklegar til að hafa áhrif á útbreiðslu og fæðugöngur dýra sem lifa á svifi, eins og loðnunnar. Til lengri tíma má mögulega gera ráð fyrir einhverjum breytingum á hafstraumum, en það getur vitanlega einnig haft áhrif á tímatímasetningu og staðsetningu hrygningar margra nytjastofna, svo og seiðarek þeirra.

Nýlegar breytingar á göngum loðnunnar

Bjarni Sæmundsson (1934) gerði grein fyrir breytingum á fiskgengd á Íslandsmiðum í tengslum við hina miklu hlýnun sem átti sér stað á árunum milli 1920 og 1930. Um loðnu segir Bjarni að hún hafi hætt að hrygna sunnanlands og vestan, en hafi þess í stað hrygnt fyrst og fremst á Hornafjarðarsvæðinu og við Norðurland. Einnig telur Bjarni að minna hafi þá verið af loðnu á Íslandsmiðum en áður var. Segja má að þessi lýsing Bjarna eigi mætavel við ástandið eins og það hefur verið nokkur undanfarin ár.

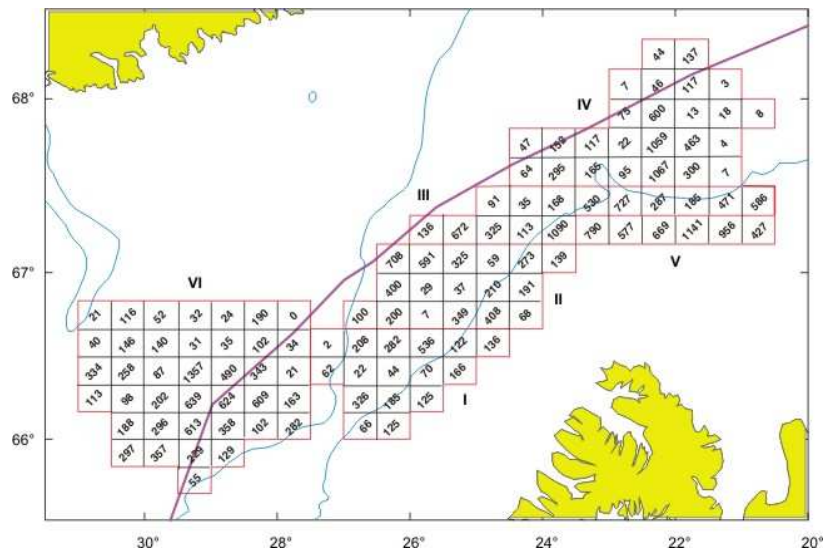
Á árunum 2001-2003, urðu breytingar á útbreiðslu loðnuseiða (6. mynd). Í ágúst 2001 var útbreiðslan norðlægari og vestlægari en venjulega og einkum takmörkuð við djúpslóð norður af Íslandi og í Grænlandssundi. Í ágúst 2002 varð lítt vart loðnuseiða á íslenska landgrunninu norðan lands en mikið magn mældist í Grænlandssundi. Í ágúst 2003 fundust nánast engin loðnuseiði á hefðbundum slóðum norður af Vestfjörðum, en talsvert magn mældist á takmörkuðu svæði djúpt norður af landinu (Sveinn Sveinbjörnsson og Einar Hjörleifsson 2001, 2002, 2003).

Haustið 2002 bar svo til að mjög lítið fannst af unglöðnu á venjulegum slóðum og enn minna árin 2003 og 2004 (Sveinn Sveinbjörnsson og Einar Hjörleifsson 2001, 2002, 2003) sem bendir til að uppvaxtarsvæði unglöðnunnar hafi færst til. Árgangarnir 2001 og 2002 fundust í Grænlandssundi sem 2ja ára loðna að vori og snemmsumars 2003 og 2004 (Anon. 2003 & 2005a). Þessir árgangar skiluðu sér í eðlilegum mæli til hrygningar 2004 og 2005. Árgangurinn frá 2003, sem hrygndi 3ja ára 2006, virðist hins vegar hafa verið slakur. Árgangurinn frá 2003 fannst ekki fyrr en í hrygningargöngu veturinn 2006, enda mikill ís í Grænlandssundi og norður af Vestfjörðum langt fram á sumar 2005.

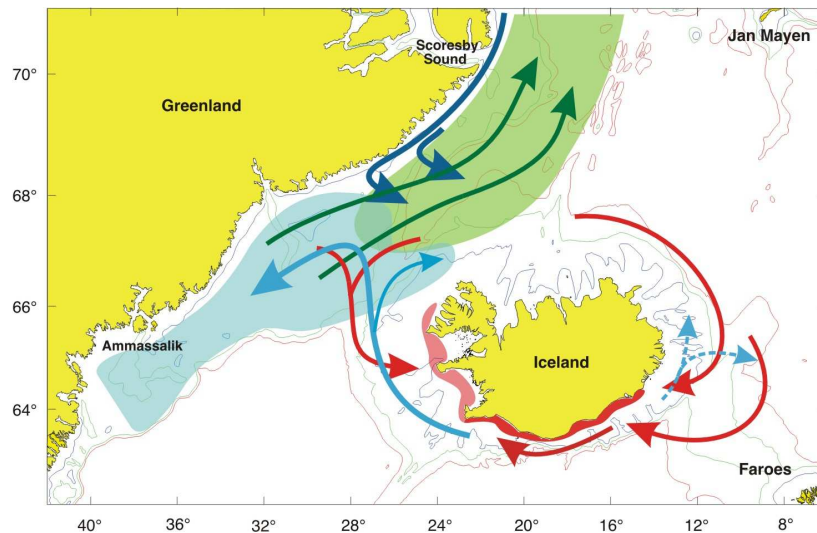


7. mynd. Leiðarlínur og bergmálgildi (árgangur 2001) í loðnumælingum í apríl 2003

Á 7. mynd er sýnd útbreiðsla loðnu í Grænlandssundi seint í apríl 2003 og á 8. mynd útbreiðslan um mánaðamótin júní/júlí 2004. Ekkert var hins vegar hægt að leita vorið og sumarið 2005 vegna hafíss á þessu svæði. Flest bendir því til þess að í stað þess að reka norður og austur fyrir land hafi langmestur hluti 2001, 2003 og 2003 árganganna rekið vestur og alist upp á Grænlandsflákanum norður af Dohrn Banka og vestur undir Ammassalik eða jafnvel lengra suðvestur. Tveir fyrrnefndu ágangarnir hafa ekki orðið fyrir miklum afföllum umfram það sem venjulegt getur talist. Árgangurinn frá 2003 var lítil sem trúlega leiddi til mjög hárrar meðalþyngdar (21,3 g) sem er sú langhæsta sem sést hefur frá upphafi (Anon. 2006a).



8. mynd. Hlutfallsleg bergmálgildi loðnu (SA – gildi) á undirsvæðum í júní-júlí 2004. Bláa línan sýnir 500 m jafndýpi og fjólubláalínan miðlínu milli Grænlands og Íslands.



9. mynd. Líkleg dreifing og gönguleiðir loðnu á Íslands-Austur-Grænlands-Jan Mayen svæðinu á seinustu 3-4 árum. *Rautt*: Meginhrygningarsvæði. *Ljósrautt*: Minni hrygningarsvæði vestan lands. *Ljósblátt*: Uppeldissvæði unglóðnu. *Grænt*: Ætissvæði. *Ljósbláar örvar*: Seiðarek. *Dökkgrænar örvar*: Ætisgöngur. *Dökkbláar örvar*: Haustgöngur af ætissvæðum. *Rauðar örvar*: Hrygningargöngur. Dýptarlínur sýna 200, 500 and 1000 m.

Önnur mjög áberandi breyting sem orðið hefur á seinni árum (frá og með 1998) er sú að nær ekkert hefur fundist af veiðanlegri loðnu, á haustin, norður af landinu eins og var á 8. áratugnum. Hrygningagöngurnar hafa einnig verið síðbúnari en venja er, en jafnframt hefur loðnan hrygnt allt að tveimur vikum fyrr en venjulega og að hluta til á grunninum suðaustanlands eða jafnvel allt austur á Þórsbanka. Umhverfisbreytingarnar sem lýst er hér að framan virðast líkleg orsök fyrir breytingum í lífssögu loðnunnar. Talsvert hefur hlýnað á fyrri uppeldis- og fæðuslóðum loðnunnar og hugsanlega hafa þær breytingar haft áhrif á lífsmöguleika hennar þar. Á 9. mynd er sýnt göngumynstur, fæðu- og hrygningarsvæði loðnunnar eins og líklegt er að þau hafi verið á undanförunum árum.

Á nokkru árabili á níunda áratug síðustu aldar hélt loðnan sig á og nærri olíuleitarsvæðinu við Jan Mayen og var hún veidd þar nokkur haust. Flest bendir til að þetta hafi breyst og að á undanförunum árum hafi loðnan haldið sig vestast í Íslandshafi og í Grænlandssundi, fjarri leitarsvæðinu. Ekki er með nokkru móti unnt að segja til um hvort þetta ástand sé tímabundið eða varanlegt. Ekki er heldur unnt að segja til um hvort göngu- og útbreiðslumynstur loðnunar verði með sama hætti og það var á síðustu áratugum 20. aldar, ef það breytist aftur.

Heimildir

- Anon, 2003. Report of the Northern Pelagic and Blue Whiting working group. ICES CM 2003/ACFM: 23.
- Anon. 2005a. Report of the North Western Working Group. ICES CM 2005/ACFM: 21.
- Anon. 2005b. The Annual ICES Ocean Climate Status Summary 2004/2005. *ICES Cooperative Research Report no 275*.
- Anon. 2006a. Nyttjastofnar sjávar 2005/2006. Aflahorfur fiskveiðiárið 2006/2007. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 126, 190 s.
- Anon. 2006b. Þættir úr vistfræði sjávar við Ísland 2005. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 126, 34 s.
- Bjarni Sæmundsson 1934. Probable influence of changes in temperature on the marine fauna of Iceland. *Rapports et Proces-Verbaux* 96(1), 1-6.
- Gunnar Stefánsson, Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson 1997. Um samspil þorsks, loðnu, rækju og skíðishvala á Íslandsmiðum. Í Fjölstofnarannsóknir 1992–1995. Ólafur K. Pálsson og Jakob Jakobsson (ritstj.). Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 57, s. 367–377.

- Haraldur A. Einarsson 1997. Fæða ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*) við Ísland. Í Fjölstofnarannsóknir 1992–1995. Ólafur K. Pálsson og Jakob Jakobsson (ritstj.). Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 57, 69–77
- Hjálmar Vilhjálmsson 1994. The Icelandic capelin stock. Capelin *Mallotus villosus* (Muller) in the Iceland, Greenland, Jan Mayen area. Rit Fiskideildar 13(1), 281 s.
- Hjálmar Vilhjálmsson 2002. Capelin (*Mallotus villosus*) in the Iceland–East Greenland–Jan Mayen ecosystem. ICES Journal of Marine Science 216, 870–883.
- Hjálmar Vilhjálmsson, Eyjólfur Friðgeirsson 1975. A review of 0-group surveys in the Iceland-East-Greenland area in the years 1970–1974. ICES CM 1975/H:34.
- Höskuldur Björnsson, Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Gunnar Stefánsson 1997. BORMICON. Líkan til könnunar á samspili fiskstofna í norðurhöfum Í Fjölstofnarannsóknir 1992–1995. Ólafur K. Pálsson og Jakob Jakobsson (ritstj.). Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 57, 379–411.
- Jespersen, P. 1920. On the occurrence of the post larval stages of the herring and the “lodde” (*Clupea harengus* L. and *Mallotus villosus* O.F.M.) at Iceland and the Faroes. Medd. fra Comm. For Havunders. Ser. Fiskeri 6(1), 1–25.
- Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson 1998. Seasonal abundance of and estimated food consumption by cetaceans in Icelandic and adjacent waters. Journal of Northwest Atlantic Fisheries Science 22, 271–287.
- Jóhann Sigurjónsson, Anton Galan, Gísli Víkingsson 2000. A note of stomach contents of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in Icelandic waters. NAMMCO Sci. Publ. 2, 82–90.
- Jón Sólmundsson 1997. Fæða grálúðu (*Reinhardtius hippoglossoides*) á íslenskum hafsvæðum. Í Fjölstofnarannsóknir 1992–1995. Ólafur K. Pálsson og Jakob Jakobsson (ritstj.). Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 57, 101–110.
- Jutta Magnússon 1966. On capelin larvae (*Mallotus villosus*, O.F. Müller) in Icelandic waters during the years 1960 to 1964. Rit Fiskideildar 4(4), 1–36.
- Kristján Lilliendahl, Jón Sólmundsson 1997. An estimate of summer food consumption of six seabird species in Iceland. ICES Journal of Marine Science 54, 624–639.
- Mork, K.A. 2006. Fysikk (sirkulasjon, vannmasser og klima) i Ökosystem Norske havet í Havets ressurser og miljø 2006.
- Ólafur K. Pálsson and Jakob Jakobsson (ritstj.) 1997. Fjölstofnarannsóknir 1992 – 1995. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 57, 411 s
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, Ásta Guðmundsdóttir 1994. Distribution, abundance and length of pelagic juvenile cod in Icelandic waters in relation to environmental conditions. Í: Jakob Jakobsson [et al.] (ritstj.): Cod and Climate Change, Reykjavík 1993. ICES Marine Science Symposia 198, 529–541.
- Sigurður Þ. Jónsson 1997. Fæða ufsa (*Pollachius virens*) við Ísland. Í Fjölstofnarannsóknir 1992–1995, Ólafur K. Pálsson og Jakob Jakobsson (ritstj.). Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 57, 45–56.
- Sveinn Sveinbjörnsson, Einar Hjörleifsson 2001. Report on the 0-group fish survey in Icelandic waters, August–September 2001. Addendum to the NWWG-report. ICES C.M. 2001/ACFM: 20.
- Sveinn Sveinbjörnsson, Einar Hjörleifsson 2002. Report on the 0-group fish survey in Icelandic waters, August 2002. Addendum to the NWWG-report. ICES C.M. 2002/ACFM: 20.
- Sveinn Sveinbjörnsson, Einar Hjörleifsson 2003. Report on the 0-group fish survey in Icelandic waters, August 2003. Addendum to the NWWG-report. ICES C.M. 2001/ACFM: 20.
- Þorvaldur Gunnlaugsson, Gísli Víkingsson 2001. Trends in humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) sightings rates from aerial surveys in Icelandic waters during 1986–2001. NAMMCO, SC/9/18 2001, 6 s.

SÍLD

Norsk-íslensk síld

Á olfuleitarsvæðinu við Jan Mayen hefur alloft orðið vart við síld. Eingöngu er um að ræða síld úr svokölluðum norsk-íslenska síldarstofninum (Atlanto-Scandian herring). Annar síldarstofn við Ísland þ.e. íslenska sumargotssíldin heldur sig inni á landgrunninu við Ísland, árið um kring og verður sjaldan vart norðan við 67°N (1. mynd) (Jakob Jakobsson og Gunnar Stefánsson 1999, Ásta Guðmundsdóttir og Þorsteinn Sigurðsson 2004). Norsk-íslenska síldin hrygnir á vorin við Noreg. Fyrir árið 1964 gekk hún í miklu magni á sumrin í fæðuleit út í Noregshaf og yfir í Íslandshaf, norðan og austan Íslands (Jakob Jakobsson 1985, Hjálmar Vilhjálmsson 1997). Hún hafði síðan gjarnan vetursetu í vestanverðu Noregshafi og synti aftur að Noregsströndum næsta vor til hrygningar (2. mynd). Á árunum 1964 til 1968 minnkaði stærð þessa stofns gríðarlega mikið og göngumynstur síldarinnar breyttist. Þetta gerðist í kjölfar mikillar kólnunar og hruns átustofna í Íslandshafi (Jakob Jakobsson 1969). Síldin hætti að sækja vestur í Íslandshaf til fæðuleitar og fór að halda sig við landgrunn Noregs allt árið. Síðan 1994 hefur göngumynstrið þó verið að breytast aftur og færast í átt til þess sem var fyrir 1964.

Hér á eftir er samantekt upplýsinga sem tiltækar eru um síldveiðar og útbreiðslu síldar úr norsk-íslenska stofninum á og í námunda við olfuleitarsvæðið við Jan Mayen, eða frá 67°20' N til 69°30' N og 8° V til 11° V. Í gagnagrunni Hafrannsóknastofnunarinnar eru til upplýsingar um söfnunarstaði sýna, sem tekin voru úr síldarafla á árunum 1939-1968 (3. mynd), er veiðar hættu vegna hruns stofnsins. Þar sem sýnasöfnunin var bísna umfangsmikil á þessum árum má gera ráð fyrir því að hún endurspeglir dreifingu síldveiðanna mjög vel. Á fimmta áratug síðustu aldar voru síldveiðar stundaðar nálægt landi út af Norðurlandi og var svo enn á sjötta ártugnum. Á seinni hluta sjötta áratugarins voru veiðar einnig stundaðar 30-60 sjómíllur og jafnvel lengra frá landi, en þó ekki á olfuleitarsvæðinu við Jan Mayen. Það er ekki fyrir en seinni partinn á sjöunda áratugnum þegar engar síldveiðar voru lengur stundaðar við Norðurströndina að úthafsveiðar byrjuðu og voru þá einhverjar síldveiðar á umræddu svæði.

Veiðar Íslendinga á norsk-íslenska síldarstofninum hófust aftur 1994 er norsk-íslenska síldin hóf göngur sínar að nýju yfir Noregshafið. Veiðarnar eru taldar endurspeglar göngur síldarinnar, en frá því 2003 hafa Íslendingar ekki haft aðgang að efnahagslögsögu Jan Mayen, sem þýðir að veiðarnar endurspeglar ekki endilega heildarútbreiðslusvæði síldarinnar frá 2003, sem að einhverju leyti gæti náð inn í lögsögu Jan Mayen. Á „Drekasvæðinu“ fékkst síldarafla árin 1996, 1998, 1999 og 2006. Mest fékkst árið 1998 tæp 4 800 t, en um 1 500 t árið 1996. Einungis nokkur hundruð tonn fengust hin tvö árin.

Sumrin 1950-1970 voru stundaðar alþjóðlegar bergmálmælingar á norsk-íslenska síldarstofninum. Niðurstöður þessara leiðangra, í formi korta sem sýna útbreiðslu síldar, má finna í grein Jakobs Jakobssonar og Østvedt (1999). Af kortunum má sjá að síld hefur verið á umræddu svæði flest árin, en hversu mikið magnið var, er ekki hægt að segja til um út frá þeim gögnum.

Síðan norsk-íslenska síldin gekk aftur út í Noregshafið 1994 hafa verið farnir fjölþjóðlegir bergmálsleiðangrar í maí ár hvert, þar sem magn síldar og kolmunna er mælt. Það fer allt eftir göngum síldarinnar ár hvert hvort eitthvað mælist á umræddu svæði (5. mynd). Sumarið 1998 var farinn leiðangur á r/s Árna Friðrikssyni og mældist þá síld á svæðinu (6. mynd). Vorið 2006 mældist síld aftur innan svæðisins.

Niðurstaðan er að norsk-íslensk síld er sum árin á og í kringum olfuleitarsvæðið við Jan Mayen, þrátt fyrir að ekki hafi mikið verið veitt þar. Í fljótu bragði má ætla að hugsanleg röskun gagnvart fiskum gæti orðið annars vegar vegna bergmálmælinga við rannsóknir og olfuleit og hins vegar vegna þess að olía sleppur út og flýtur á yfirborði. Það eru ekki til nein gögn um að bergmálmælingar hafi neikvæð áhrif á síld. Það er þekkt að olía og olíufeni geta haft áhrif á fiska, þ.e. lírfur þeirra og seiði sem berast með straumum. Ekki er hins vegar vitað til að það hafi skaðað fullorðna síld. Á olfuleitarsvæðinu við Jan Mayen kemur fullorðin síld til fæðuleitar, a.m.k. sum ár, en ólíklegt er að

lirfur og seiði berist inn á svæðið. Ekki er því ástæða til að ætla að olíuleit og olíuvinnsla á svokölluðu Drekasvæði komi til með að hafa áhrif á vöxt, viðkomu eða fæðugöngur síldarinnar.

Heimildir

Anon 2006. Report of the Planning Group on Northeast Atlantic Pelagic Ecosystem Surveys (PGNAPES). ICES CM 2006/RMC:08.

Anon 1998. Report on surveys of the distribution, abundance and migration of the Norwegian spring-spawning herring, other pelagic fish and the environment of the Norwegian Sea and adjacent waters in late winter, spring and summer of 1998. ICES CM 1998/D:3.

Ásta Guðmundsdóttir, Þorsteinn Sigurðsson 2004. Veiðar og útbreiðsla íslensku sumargotssíldarinnar að haust- og vetrarlagi árin 1978-2003. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit, 104, 1-42

Jakob Jakobsson 1969. On herring migrations in relation to changes in sea temperature. Jökull 19, 134-145

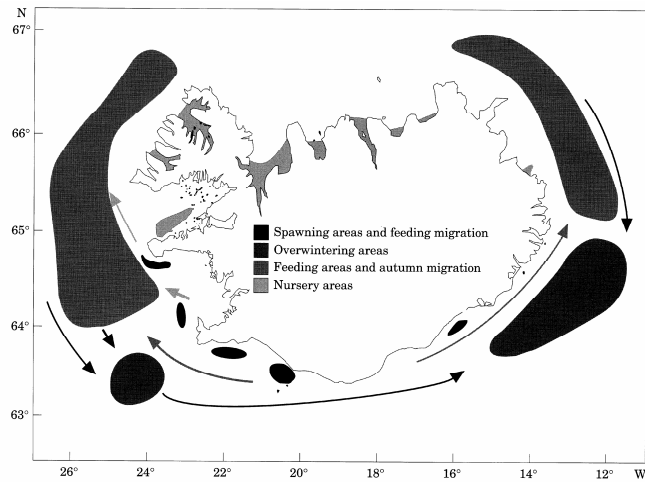
Jakob Jakobsson 1985. Monitoring and management of the Northeast Atlantic herring stocks. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 42, 207-221.

Jakob Jakobsson, Gunnar Stefánsson 1999. Management of summer-spawning herring off Iceland. ICES Journal of Marine Science 56, 827-833.

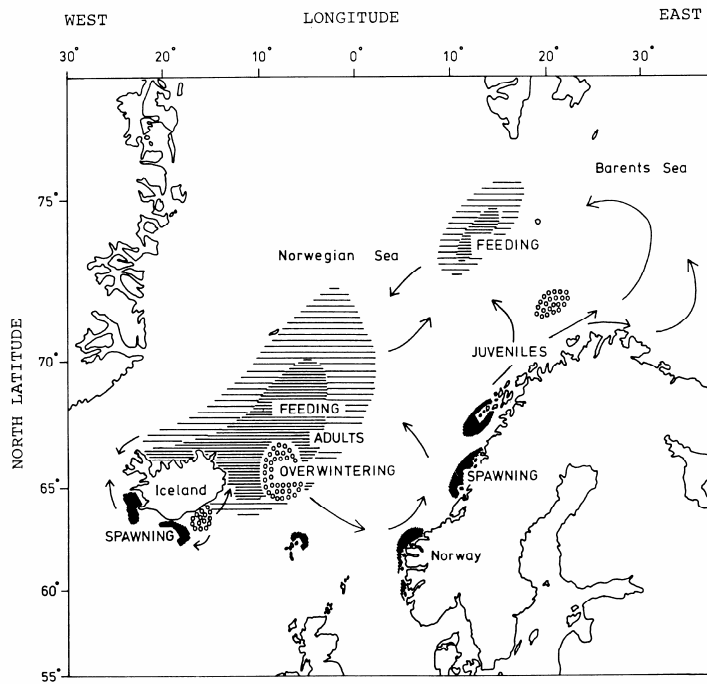
Jakob Jakobsson, Egill Jónsson, Ásta Guðmundsdóttir 1996. The North Icelandic herring fishery and the Atlanto-Scandian herring 1939-1969. ICES CM 1996/H:30 14 s.

Jakob Jakobsson, O.J. Østvedt 1999. A review of joint investigations on the distribution of herring in the Norwegian and Iceland Seas 1950-1970. Rit Fiskideildar 16, 209-238.

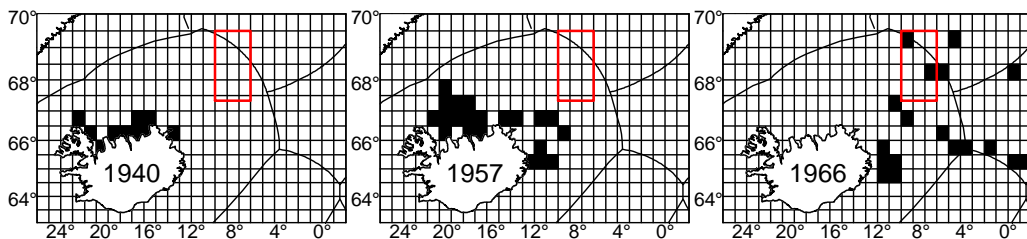
Hjálmar Vilhjálmsson 1997. Climatic variations and some examples of their effects on the marine ecology of Icelandic and Greenland waters, in particular during the present century. Rit fiskideildar 15(1), 7-29.



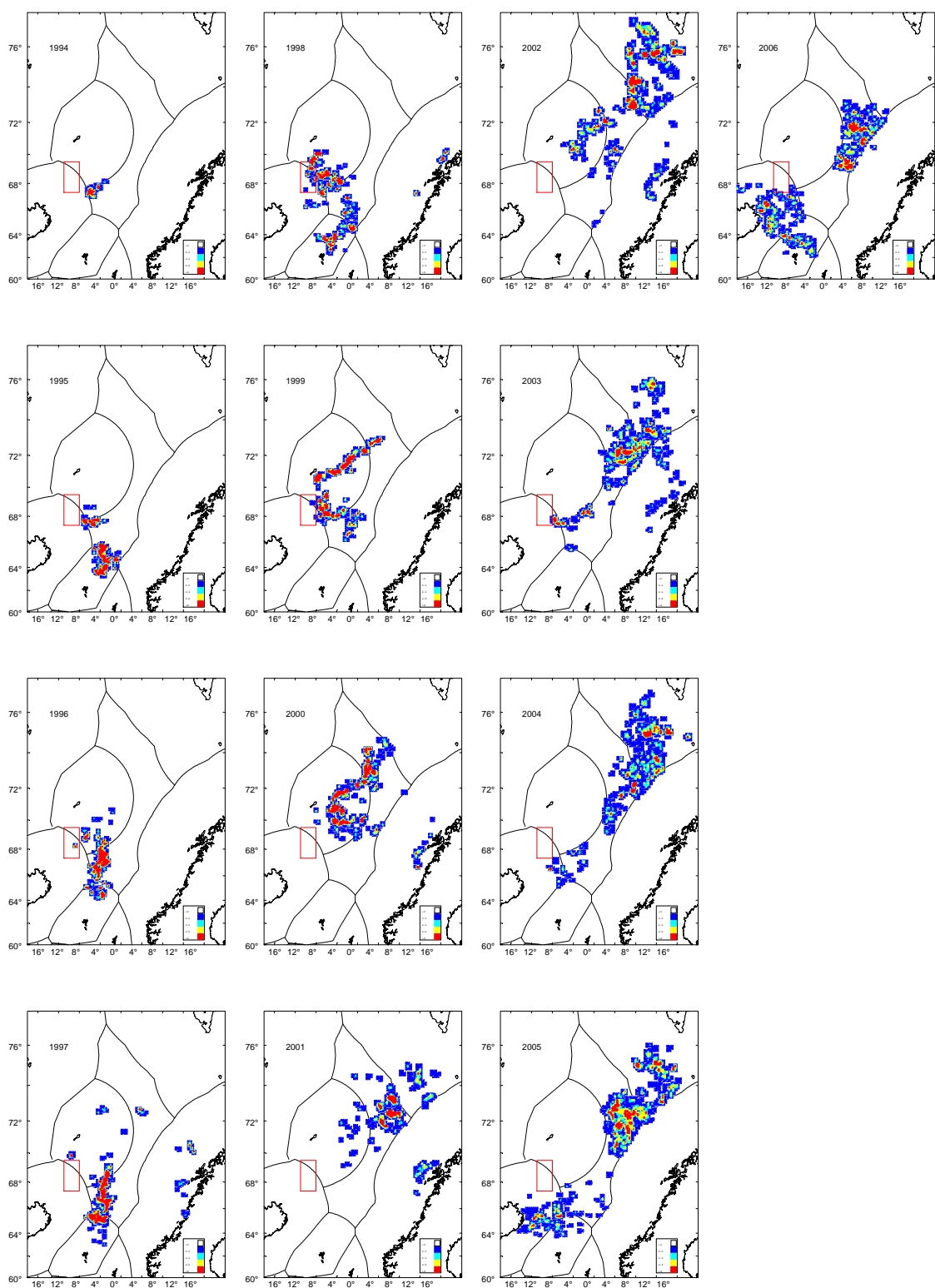
1. mynd. Hrygninga- og fæðusvæði íslensku sumargotssíldarinnar ásamt göngum (Jakob Jakobsson og Gunnar Stefánsson 1999).



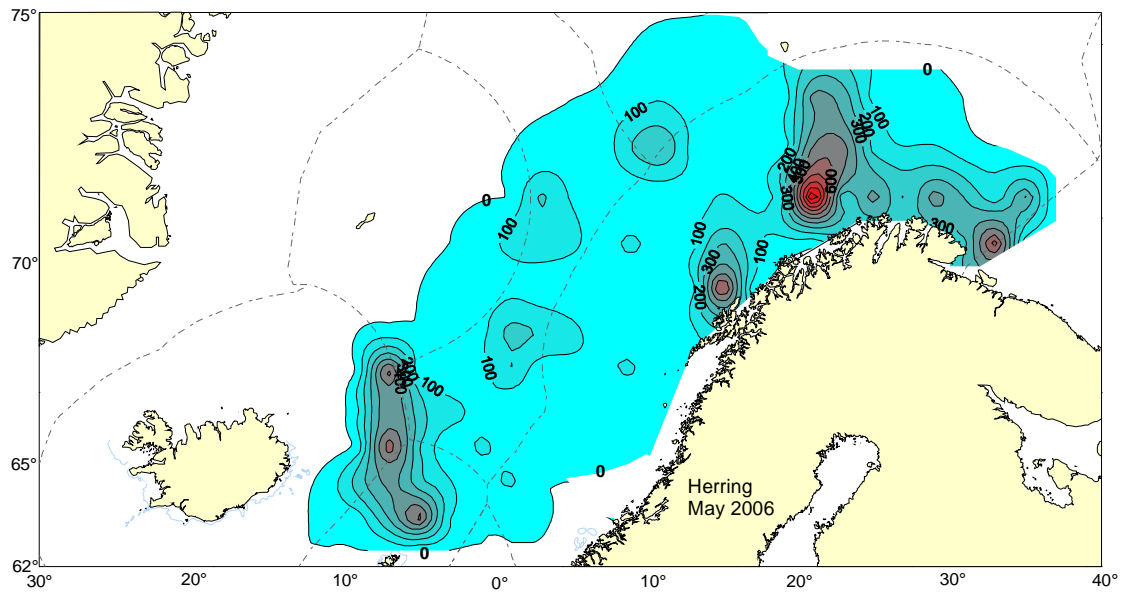
2. mynd. Göngumynstur norsk-íslensku síldarinnar áður en umhverfisskilyrði í Íslandshafi breyttust árið 1964 (Jakob Jakobsson 1985).



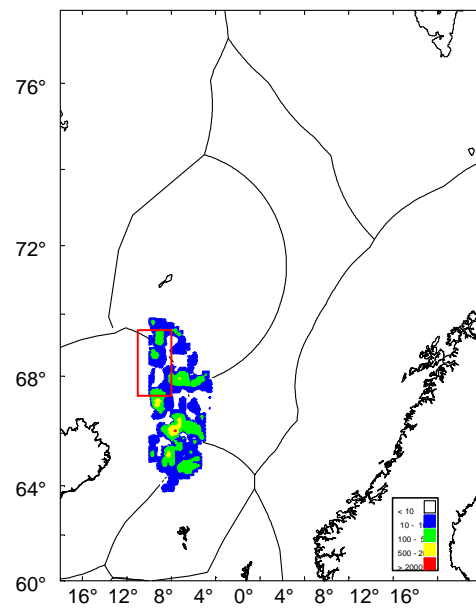
3. mynd. Dreifing sýna úr afla norsk-íslenska síldarstofnsins árin 1940, 1957 og 1966. Myndin er endurteiknuð úr Jakob Jakobsson, o.fl. (1996).



4. mynd. Útbreiðsla norsk-íslenska síldaraflans 1994-2006 skv. afladagbókum íslenskra síldveiðiskipa.



5. mynd. Útbreiðsla norsk-íslenska síldarstofnsins í maí skv. Alþjóðlegum bergmálsleiðöngrum í apríl-júní 2006 (Anon 2006).



6. mynd. Útbreiðsla síldar skv. bergmálsmælingum í leiðangri r/s Árna Friðrikssonar 19/6-3/7, 1998. Endurteiknuð eftir Anon (1998).

HVALIR

Útbreiðsla og fjöldi hvala

Alls hafa 22 tegundir hvala sést eða fundist reknar við Ísland með vissu, þar af 7 tegundir skíðishvala. Meginútbreiðslusvæði sjö þessara tegunda (5 tannhvala og 2 skíðishvala) er þó utan íslenskrar lögsögu og teljast þeir til flækinga hér við land a.m.k. ef litið er til síðustu 100 ára. Skíðishvalirnir eru fardýr sem koma á hafsvæðin við Ísland á vorin til fæðunáms en halda á suðlægari slóðir í Norður Atlantshafi á haustin þar sem tímgun fer fram. Vetraraðsetur skíðishvala í Norður Atlantshafi eru óþekkt fyrir utan hnúfubak sem heldur sig m.a. í Karíbahafi. Einnig eru upplýsingar af skornum skammti um tímasetningar farsins, en gert er ráð fyrir að meginhluti stofnanna haldi til hér við land á tímabilinu maí-október og að fjöldinn sé í hámarki um mitt sumar (Jóhann Sigurjónsson og Gísli A. Víkingsson 1997). Einhvern hluta stofna flestra, ef ekki allra tegunda er að finna við Ísland á veturna en tölulegar upplýsingar um þann fjölda liggja ekki fyrir. Búrhvalur og andarnefja eru eins og skíðishvalirnir algengastir hér við land á sumrin, en ekkert er vitað um far annarra tegunda tannhvala hér við land og líklegt að sumar þeirra a.m.k. séu hér við land allt árið.

Upplýsingar um útbreiðslu og fjölda hvala við Ísland eru einkum frá reglulegum hvalatalningum Hafrannsóknastofnunarinnar og erlendra samstarfsaðila (NASS) sem hafa farið fram árin 1987, 1989, 1995 og 2001 (Jóhann Sigurjónsson o.fl. 1989, 1991, Gísli A. Víkingsson o.fl. 2002, 2007). Talningarnar 1989 náðu þó ekki til olfuleitarsvæðisins sem hér um ræðir ($67^{\circ}\text{N} - 70.33^{\circ}\text{N}$ og $6.30^{\circ}\text{V} - 11.30^{\circ}\text{V}^1$). Útbreiðsla skíðishvala að sumarlagi í Norður Atlantshafi ræðst mest af fæðuskilyrðum, enda er talið að þeir afli meginhluta ársneyslu sinnar á sumrin. Norðaustur Atlantshafið er með best þekktu svæðum heims hvað varðar útbreiðslu og fjölda hvala en mun minni upplýsingar liggja fyrir um vesturhluta Norður Atlantshafs. Þéttleiki skíðishvala er mismikill innan NA-Atlantshafsins og útbreiðslan mismunandi eftir tegundum.

Mikilvægt er að hafa í huga að hvalatalningar þessar eru framkvæmdar að sumarlagi en mjög takmarkaðar upplýsingar eru fyrirbyggjandi um vetrarútbreiðslu hvala í Norður Atlantshafi. Meginmarkmið hvalatalninganna hefur verið að fá gott mat á stofnstærð hinna stærri hvalatategunda, einkum hrefnu (flugtalningar á landgrunnssvæðinu) og langreyði (skipatalningar fjær landi). Þótt allir hvalir séu skráðir í talningum, ber að taka niðurstöðum fyrir aðrar tegundir með fyrirvara, einkum hinar smærri tegundir.

Auk þessara skipulegu hvalatalninga liggja fyrir upplýsingar um útbreiðslu hvala frá öðrum leiðöngrum Hafrannsóknastofnunarinnar s.s. vorleiðöngrum (maí) og seiða leiðöngrum (ágúst). Þeir leiðangrar náðu þó einungis til syðsta hluta olfuleitarsvæðisins.

NASS talningarnar ná yfir stóran hluta Norðaustur Atlantshafs og eru því í mun stærri "skala" en það svæði sem hér um ræðir (sjá 1. mynd). Leitarátak innan þess litla svæðis hefur því verið takmarkað. Árin 1987, 1995 og 2001 var alls leitað í 108 kls. innan olfuleitarsvæðisins en samanlögð lengd leitarlína á svæðinu var 1044 sjómílar. Sjö tegundir hvala voru greindar á svæðinu (Tafla 1).

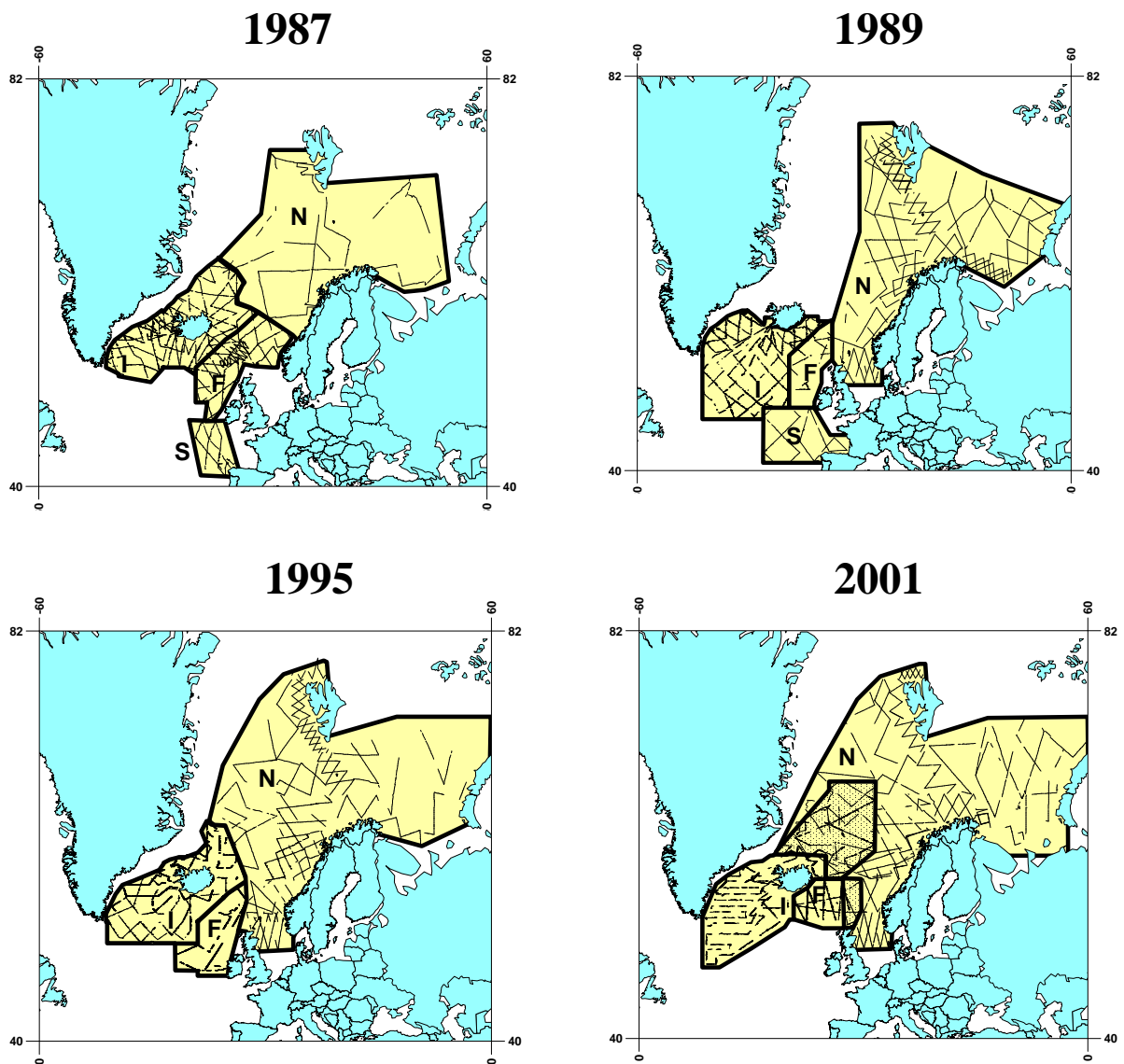
¹ Olfuleitarsvæðið er hér skilgreint sem sjálft leitarsvæðið og áhrifasvæðið („buffer“) í kring innan og utan íslenskrar landhelgi, og afmarkast u.þ.b. af þessum hnitum: $67^{\circ} 00' \text{ N}$ til $70^{\circ} 30' \text{ N}$ og $6^{\circ} 00' \text{ V}$ til $11^{\circ} 30' \text{ V}$.

Tafla 1. Hvalategundir sem sáust innan olíuleitarsvæðisins í talningum Hafrannsóknastofnunarinnar 1987-2001.

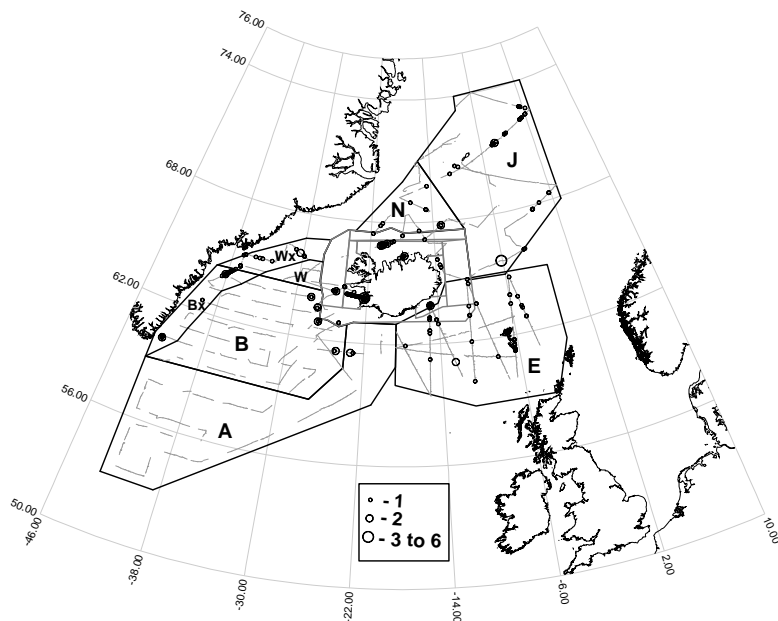
Tegund	Vísindaheiti	Fjöldi hópa	Fjöldi dýra
Langreyður	<i>Balaenoptera physalus</i>	28	40
Andarnefja	<i>Hyperoodon ampullatus</i>	16	88
Háhyrningur	<i>Orcinus orca</i>	2	31
Hrefna	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	6	6
Steypireyður	<i>Balaenoptera musculus</i>	2	4
Hnúfubakur	<i>Megaptera novaeangliae</i>	2	2
Búrhvalur	<i>Physeter macrocephalus</i>	1	1

Þar sem leitarátak var takmarkað innan olíuleitarsvæðisins er hér gerð grein fyrir þéttleika hvala á mun stærri aðliggjandi svæðum, sem reyndar er ekki óeðlilegt þar sem a.m.k. sumir hvalir ferðast um stór svæði á sumrin. Útbreiðsla tegunda á heildartalningasvæði Íslendinga árin 1987, 1989, 1995 og 2001 er sýnd í viðauka I. Þar kemur fram að auk ofangreindra tegunda sást sandreyður (*Balaenoptera borealis*) og hnýðingar (*Lagenorhynchus albirostris*) í næsta nágrenni við tilraunasvæðið og hljóta að teljast hugsanlegir íbúar svæðisins í ljósi tiltölulega lítils leitarátaks innan svæðisins.

Norðmenn voru þátttakendur í NASS hvalatalningunum 1987, 1989 og 1995 og hafa síðan talið hvali árlega á minni svæðum og þannig farið yfir heildarsvæðið á 6 árum (1. mynd). Talningasvæði Norðmanna er mjög stórt og leitarátak innan olíuleitarsvæðisins mjög takmarkað. Innan olíuleitarsvæðisins sást mest af hrefnu, og langreyði en einnig sáust þar háhyrningar og ógreindar höfrungategundir (Øien 2003, 2004, 2006, Skaug o.fl. 2004, Nils Øien, Hafrannsóknastofnuninni í Bergen, pers. uppl.). Í nágrenni við olíuleitarsvæðið sáust auk ofangreindra tegunda hnúfubakar, andarnefjur og búrhvalir. Niðurstöður Norðmanna eru í grófum dráttum svipaðar og Íslendinga. Þó sáust ekki eins margar tegundir í norsku talningunum og hlutfallslega fleiri hrefnur en í íslensku rannsóknunum. Þessi munur getur þó ekki talist marktækur þar sem leitarátak á þessu litla svæði var lítið.



1. mynd. Leitarsvæði NASS hvalatalninganna 1987-2001 ásamt leitarlínum við viðunandi skilyrði (allt að 5 vindstigum. Leitarsvæði: F, Færeyjar; I, Ísland; N, Noregur; S, Spánn. Frá árinu 1996 hafa Norðmenn talið á hluta svæðisins á hverju ári og vísar 2001 til tímabilsins 1996-2001 hvað varðar norska leitarsvæðið (N).



2. mynd. Svæðaskipting talninganna 2001. Punktar tákna hrefnur sem sáust í talningunum.

Tafla 2. Þéttleiki helstu hvalategunda í talningahólfum norðan Ísland og við Jan Mayen (svæði J og N á 2. mynd) skv. talningum sumarið 2001.

Tegund	Flatarmál talninga svæðis (sjm ²)	Fjöldi hvala	Hlutfall af stofni ² (%)	Hlutfall af stofni á olíuleitarsvæði (%) ³	Þéttl. á taln.svæði (dýr/fersjómílu)	Heimild
Langreyður	177.628	4.066	17,2	2,2	0,023	Gísli A. Víkingsson o.fl. 2007a
Steypireyður	254.076	568	58,0	5,2	0,0022	Pike o.fl. 2007a
Hnúfubakur	177.628	4.215	28,7	3,7	0,024	Paxton o.fl. 2007
Hrefna	177.628	9.472	14,1	1,8	0,053	Pike o.fl. 2007b
Andarnefja	177.628	16.533 ⁴	78,6	10,2	0,093	Pike o.fl. 2003
Háhyrningur ⁵	109.433	4.035	60,1	12,7	0,037	Þorvaldur Gunnlaugsson & Jóhann Sigurjónsson 1990.

² Fjöldi í talningahólfum norðan og austan Íslands sem hlutfall af heildarstofni á svæðinu A-Grænland-Ísland-Jan Mayen.

³ Ef gert er ráð fyrir jafnri dreifingu innan talningahólfa norðan og austan Íslands N.

⁴ Stofnmat óleiðrétt fyrir köfun, en leiðrétt mat er líklega 3-5 falt hærra fyrir andarnefju.

⁵ Byggt á talningum 1987

Langreyður

Langreyður er algengust skíðishvala við Ísland. Samkvæmt síðustu talningum sem fram fóru sumarið 2001 var stærð Austur Grænlands –Íslandsstofns (EGI) 23.676 langreyðar (95% öryggismörk: 18.024-31.101). Þéttleiki langreyður er mestur í og utan við landgrunnsbrúnir og er hún langalgengust á svæðinu milli Íslands og Grænlands (Irmingerhafi) (Gísli A. Víkingsson 2004, Gísli A. Víkingsson o.fl. 2007, Øien og Hartvedt 2004). Einnig er talsvert um langreyði við Jan Mayen auk þess sem talsverður fjöldi sást sunnan og suðaustan Íslands í talningunum 1989 og 2001. Langreyði hefur fjölgað um 4% árlega á þessu svæði síðan talningar hófust árið 1987, langmest í Irmingerhafi þar sem fjölgunin hefur verið 10% (Gísli A. Víkingsson o.fl. 2007). Um 17% af EGI stofninum var á talningasvæðum norður og austur af landinu (Tafla 2), en stærsti hluti þess var utan olíuleitarsvæðisins (Tafla 2).

Steypireyður

Steypireyður er langsjaaldgæfust reyðarhvala (Balaenopteridae) við Ísland og er fjöldinn á íslenska leitarsvæðinu metinn um 1.000 dýr, en matið er þó mjög ónákvæmt (95% öryggismörk: 137-2542) (Pike *et al.* 2007). Frá því að talningar hófust árið 1987 hefur steypireyður verið algengust vestur af landinu þar til í síðustu talningum (2001) þegar stór hluti stofnsins hélt sig norðan við landið (Gísli A. Víkingsson 2004, Tafla 2). Þótt tegundin hafi einungis sést tvisvar (alls 4 dýr) innan tilraunasvæðisins í talningum Hafró er það stærra hlutfall stofnsins en hjá langreyði (Tafla 2). Þá sást steypireyður í meira magni stutt vestur af Jan Mayen í talningunum 1995 og 2001. Steypireyður virðist því, eins og langreyður, halda sig talsvert á svæðinu kringum Jan Mayen á sumrin.

Hrefna

Hrefna við Ísland tilheyrir Mið Norður Atlantshafsstofni og eru stofnmörkin þau sömu og hjá langreyði, þ.e. frá strönd A-Grænlands, um Ísland og austur fyrir Jan Mayen. Samkvæmt talningum 2001 voru um 67 þús. hrefnur á þessu svæði, þar af um 44 þús. dýr á íslenska landgrunninu (Borchers o.fl. 2007, Pike o.fl. 2007b). Útbreiðsla hrefnu er að mestu bundin við landgrunnssvæði og er þéttleikinn í NA Atlantshafi mestur við Ísland, Austur Grænland, við vesturströnd Noregs og í Barentshafi (Gísli A. Víkingsson 2004). Talverður fjöldi hrefna er við Jan Mayen að sumarlagi og hafa Norðmenn lengi stundað þar hrefnuveiðar. Meirihluti þeirra er þó utan olíuleitarsvæðisins þótt það geti verið breytilegt milli ára (Skaug o.fl. 2004, Viðauki I).

Hnúfubakur

Hnúfubakur var sjaldgæfur hér við land, sem annars staðar í N-Atlantshafi, langt fram eftir síðustu öld. Honum tók að fjölga hratt á seinni hluta aldarinnar og er ekki að sjá neitt lát á þeirri fjölgun (Jóhann Sigurjónsson og Þorvaldur Gunnlaugsson 1990, Þorvaldur Gunnlaugsson o.fl. 2004, Pike o.fl. 2004, Gísli A. Víkingsson 2004). Fjölgunin síðan 1987 virðist einkum hafa verið úti fyrir Austur- og Norðausturlandi en tegundin heldur sig þó að mestu sunnan við olíuleitarsvæðið á sumrin (Tafla 2 & Viðauki I). Í talningunum sumarið 2001 voru um 29% stofnsins norðan og austan við landið, þar af 3,7% innan olíuleitarsvæðisins.

Samfara fjölgun hnúfubaks á síðustu áratugum, hafa borist fréttir af aukinni gengd hnúfubaks hér við land á veturna, og koma þær fréttir einkum frá loðnuveiðimiðum. Ekki liggja fyrir tölulegar upplýsingar um hve stóran hluta stofnsins er um að ræða, en vel er hugsanlegt að þessi vetrarsetudýr nýti sér olíuleitarsvæðið, sérstaklega ef loðnugöngur fara þar um.

Búrhvalur

Búrhvalur er eina stórhvelið meðal tannhvala og finnst um öll heimshöf (Droplaug Ólafsdóttir og Gísli A. Víkingsson 2004). Tegundin heldur sig mest utan landgrunnssvæða og kafar dýpst og lengst allra hvala. Ekki liggur fyrir stofnstærðarmat á búrhval í Norður Atlantshafi, enda myndi slíkt mat ráðast mest af leiðréttingarstuðli vegna köfunar sem er óþekktur. Ljóst er þó að fjöldinn við Ísland skiptir þúsundum og tegundin er ekki í útrýmingarhættu. Búrhvalir eru ekki algengir við Jan Mayen, og sást einungis eitt dýr innan olíuleitarsvæðisins í NASS talningunum og talningum Norðmanna (Viðauki I & Øien 2004). Árið 2001 sást talsverður fjöldi búrhvala í Noregshafi taslvert suðaustan við Jan Mayen og er það í samræmi við talningar Norðmanna.

Andarnefja

Andarnefja er djúpsjárhvalur sem heldur sig að mestu utan við landgrunn (Droplaug Ólafsdóttir og Gísli A. Víkingsson 2004). Samkvæmt úttekt vísindanefndar NAMMCO árið 1995 voru um 40.000 andarnefjur í Norðaustur Atlantshafi (NAMMCO 1995). Í talningunum 2001 var þéttleiki andarnefju í talningareitum norðan og austan við landið meiri en annarra tegunda (Tafla 2). Langstærsti hluti þessara hvala var þó utan olíuleitarsvæðisins, annars vegar rétt austan og norðan við Jan Mayen, og hins vegar miklu sunnar. Mun færri andarnefjur sást við Jan Mayen í eldri talningum Íslendinga (viðauki I) og í talningum Norðmanna (Nils Øien, Hafrannsóknastofnuninni í Bergen, pers. uppl.). Líkt og fyrir steypireyði, er þó ótímabært að álykta að megin útbreiðslusvæði tegundarinnar hafi færst norðar, en talningarnar sumarið 2007 gætu gefið vísbendingar um það.

Háhyrningur

Samkvæmt talningum 1987 voru um 6600 (CV 0,32) háhyrningar á talningasvæði íslensku og færeysku skipanna (Þorvaldur Gunnlaugsson og Jóhann Sigurjónsson 1990). Háhyrningar eru með útbreiddustu hvala heims og finnast um öll heimshöf frá hitabeltinu til Ísjaðars heimskautanna (Gísli A. Víkingsson 2004). Þetta dreifða útbreiðslumynstur endurspeglast í niðurstöðum talninganna í Norður Atlantshafi. Tveir hópar háhyrninga sást innan olíuleitarsvæðisins í talningunum 1987, en tegundin sást þar ekki í seinni talningunum. Í talningunum 2001 sást þó margir hópar háhyrninga stutt austan og norðaustan við Jan Mayen (Viðauki I), en það ár var stærri hluti háhyrninganna fyrir norðan og austan Ísland en í fyrri talningum eða um 12% (Tafla 2).

Aðrar hvalategundir

Sandreyður hefur ekki sést á olíuleitarsvæðinu í hvalatalningum, og er afar sjaldgæft að hún sjáist svo norðarlega í Norður Atlantshafi (Gísli A. Víkingsson 2004). Sama gildir um ýmsar tegundir smærra hvala s.s. hnísu og marsvín auk þeirra tegunda svínhvala og höfrunga (annarra en hnýðings og háhyrnings) sem sést hafa við Ísland.

Áhrif olíuleitar á hvali

Hljóðmengun

Heyrn er aðalskynfæri hvala í dimmum undirdjúpunum og geta þeir haft samskipti sín á milli um langar vegalengdir. Auk þess nota margar tegundir bergmál til að rata og við fæðunám. Á undanförunum árum hefur athygli hvalasérfræðinga í auknum mæli beinst að hugsanlegum áhrifum hljóðmengunar í sjó, enda hefur orðið gífurleg breyting í hljóðumhverfi hafins af mannavöldum m.a. vegna aukningar í skipaumferð, hernaðarstarfsemi og olíuleitar og vinnslu. Lítið er þó enn vitað um hugsanleg áhrif, en þeim má í grófum dráttum skipta í tvennt:

Skemmdir á heyrnarferum

Vísbendingar um beinar skemmdir á innri eyrum hvala vegna athafnasemi manna eru að mestu takmarkaðar við heræfingar þar sem beitt er mjög öflugum hljóðgjöfum m.a. til kafbátaleitar (sjá t.d. Rowles o.fl. 2000). Ekki eru þekkt dæmi um slíkt vegna olíuleitar eða borana.

Áhrif á atferli

Á síðustu árum hafa verið gerðar ýmsar rannsóknir á viðbrögðum hvala við hljóðum af völdum olíuleitar og olíuvinnslu. Atferlisrannsóknir á hvölum eru þeim annmörkum háðar að dýrin eru meira en 90% tímans neðan yfirborðs sjávar og því t.d. erfitt að fylgjast með viðbrögðum þeirra við utanaðkomandi áreitum. Tækninýjungar á undanförunum árum s.s. merkingar með gervitunglasendum og hljóðupptökur hafa þó aukið möguleika vísindamanna til rannsókna á hegðun hvala. Sjónrænar atferlisrannsóknir á hvölum í náttúrunni hafa mest byggst á skráningu einfaldra atriða s.s. köfunartíðni og sundstefnu auk nokkura sértækra flokka atferlis sem sumar tegundir sýna í yfirborði sjávar. Rannsóknir á svæðum þar sem olíuleit eða vinnsla fer fram benda til að skíðishvalir (norðhvalir og sandlægja) forðist hávaða frá olíuleit (loftbyssu-air gun) og borunum og breyti köfunarmynstri sínu í allt að 20 km fjarlægð. Niðurstöður hvað varðar búrhvali eru misvísandi, en rannsóknir í Mexíkóflóa

bentu til að þeir væru viðkvæmari en norðhvalir. Við Bretland sýndu þeir engin viðbrögð mun nær hljóðupptökum en 20 km. Almenn er talið að smærri hvalir séu minna viðkvæmir fyrir hávaða frá olíuleit enda liggur heyrnarsvið þeirra hærra en stórhvalanna (Richardson o.fl. 1995, Würsig og Richardson 2002).

Olíumengun

Ekki eru þekkt dæmi um alvarleg bein áhrif olíumengunar á hvali á sama hátt og t.d. hjá fuglum, sæotrum og selum. Ekki er þó hægt að útiloka að hvalir innbyrði eitthvað magn olíu eða niðurbrotsefna hennar við fæðunám beint úr sjónum eða úr fæðunni.

Samantekt

Talsvert skortir á þekkingu á hugsanlegum áhrifum olíuleitar og olíuvinnslu á hvali. Ólíklegt verður að teljast að bein áhrif olíumengunar séu alvarleg en óvissa er um óbein áhrif s.s. við át á olíumengaðri bráð eða vegna minnkandi fæðu. Ekki hefur verið sýnt fram á alvarlega líkamlega skaðsemi á heyrnarfærum hvala af völdum þessa hávaða eins og virðist geta hlotist af heræfingum á sjó. Rannsóknir hafa hins vegar sýnt að hávaði frá loftbyssum sem notaðar eru við olíuleit eða olíuborun geta haft fælandi áhrif á hvali allt að 20 km frá hljóðupptökum. Ofangreindar vísbendingar gefa tilefni til vöktunar og frekari rannsókna á áhrifum olíuleitar á hvali, sérstaklega á svæðum sem talin eru mikilvæg fyrir afkomu sjaldgæfra tegunda.

Vegna reglubundinna hvalatalninga síðan 1987 er Norðaustur Atlantshaf líklega best þekkt svæði heims hvað varðar útbreiðslu og fjölda hvala að sumarlagi. Svæðið kringum Jan Mayen er almennt ríkt af hvólum, en þéttleiki flestra tegunda að sumarlagi virðist þó minni á olíuleitarsvæðinu sunnan við Jan Mayen en annars staðar á svæðinu, sérstaklega vestan og norðan eyjarinnar. Mjög takmarkaðar upplýsingar liggja fyrir um vetrarútbreiðslu hvala, en almennt er talið að stórhvelin (skíðishvalur og búrhvalur) séu aðallega hér við land á tímabilinu maí til október. Þó hafa flestar tegundirnar sést að vetrarlagi við Ísland, en líklega er þar um óverulega hluta stofnanna að ræða. Hugsanleg undantekning frá því er hnúfubakur sem sést reglulega í talsverðu magni á loðnumiðum að vetrarlagi.

Skortur á þekkingu um stofngerð flestra hvalategunda veldur óvissu um mat á stofnvistfræðilegum áhrifum olíumengunar eða öðrum hugsanlegum áhrifum olíuleitar. Ef gengið er út frá að stofnsvæði nái almennt frá strönd A-Grænlands og vestur fyrir Jan Mayen (sbr. stofnmörk skíðishvala í Alþjóðahvalveiðiráðinu) er ljóst að svæðið nærir óverulegan hluta hvalastofnanna. Eina hugsanlega undantekningin frá þessu er steypireyður sem jafnframt er sá hvalastofn hér við land sem er í verstu ástandi ef sléttbakstegundirnar tvær eru undanskildar. Hátt hlutfall steypireyða sem sáust í síðustu hvalatalningum var fyrir norðan Ísland þótt fáar hafi sést innan olíuleitarsvæðisins. Þetta háa hlutfall steypireyða í Íslandshafi er breyting frá fyrri talningum en hafa ber í huga að mjög lítil gögn torvelða alla túlkun á niðurstöðum um þessa tegund.

Þar sem sex ár eru liðin síðan hvalir voru taldir síðast hér við land er hugsanlegt að umhverfisbreytingar s.s. hlýnun sjávar og fjölgun sumra tegunda hafi haft áhrif á útbreiðslu hvala á svæðinu eins og vísbendingar eru um (Gísli A Víkingsson og Héðinn Valdimarsson 2006). Viðamiklar hvalatalningar eru fyrirhugaðar sumarið 2007 og ef þær staðfesta vísbendingar úr síðustu talningum um breytingar á útbreiðslu sumra hvalategunda, ekki síst steypireyðar, gæti það réttlætt nánari talningar og vöktun á svæðinu í tengslum við olíuleit.

Hins vegar er ljóst að víðtækar hvalatalningar eins og NASS talningarnar eru ekki til þess fallnar að nema hugsanlegar breytingar á útbreiðslu hvala af völdum starfsemi á svo litlu svæði sem olíuleitarsvæðið er. Til þess þyrfti mun þéttari leitarlínur og tíðari talningar. Líklega væri hagkvæmast að gera slíkar talningar úr flugvél, en einnig má hugsa sér samnýtingu á skipum með öðrum vöktunarleiðöngrum á svæðinu. Í slíkum leiðöngrum mætti einnig safna húðsýnum til erfðagreiningar til að varpa ljósi á stofngerð hvala sem er augljóslega mikilvægt í mati á hugsanlegum áhrifum á stofna.

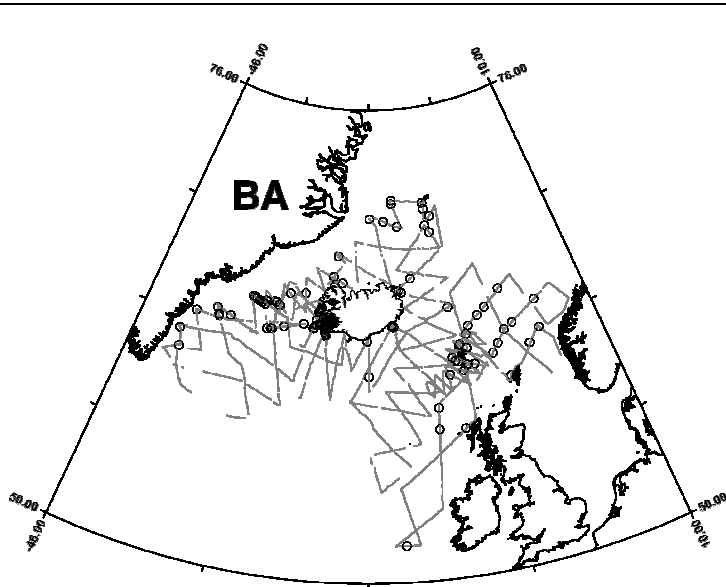
Heimildir

- Borchers, D.L. et al. 2005. Analyses of the NASS 1987 and 2001 minke whale cue counting surveys taking account of distance estimation errors. NAMMCO Sci. Publ. 6.
- Droplaug Ólafsdóttir, Gísli A. Víkingsson 2004. Andarnefja. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 176-179.
- Droplaug Ólafsdóttir, Gísli A. Víkingsson 2004. Búrhvalur. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 186-191.
- Gísli A. Víkingsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, Sverrir D. Halldórsson, Droplaug Ólafsdóttir 2002. NASS-2001 - Icelandic shipboard survey report. IWC SC/54/O9, 20 pp.
- Gísli A. Víkingsson 2004. Steypireyður. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 200-203.
- Gísli A. Víkingsson 2004. Hnúfubakur. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 224-229.
- Gísli A. Víkingsson 2004. Háhyrningur. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 166-171.
- Gísli A. Víkingsson 2004. Hrefna. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 218-223.
- Gísli A. Víkingsson 2004. Langreyður. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 204-211.
- Gísli A. Víkingsson 2004. Sandreyður. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), Íslensk spendýr. Vaka-Helgafell, 212-217.
- Gísli A. Víkingsson og Héðinn Valdimarsson 2006. Hvalir og umhverfisþættir. Þættir úr vistfræði sjávar. Hafrannsóknastofnunin fjölrit nr. 125.: 30-33.
- Gísli A. Víkingsson, Pike D.G., Desportes G., Øien N., Þorvaldur Gunnlaugsson og Bloch, D. 2007 (í prentun). Distribution and abundance of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Northeast and Central Atlantic as inferred from the North Atlantic Sightings Surveys 1987-2001. NAMMCO Sci.Publ. vol 7 (in press).
- Jóhann Sigurjónsson og Gísli A. Víkingsson 1997. Seasonal abundance of and estimated food consumption by cetaceans in Icelandic and adjacent waters. Journal of the Northwest. Atl. Fish. Sci., 22:271-287.
- Jóhann Sigurjónsson, Þorvaldur Gunnlaugsson. and Payne, M. 1989. NASS-87: Shipboard sightings surveys in Icelandic and adjacent waters Jun-July 1987. Rep. int. Whal. Commn 39:395-409.
- Jóhann Sigurjónsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, Ensor, P. Newcomer, M. og Gísli Víkingsson 1991. North Atlantic Sightings Survey 1989 (NASS-89): Shipboard surveys in Icelandic and adjacent waters July-August 1989. Rep. int. Whal. Commn 41:559-572.
- Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, and Halldórsson, S.D. 1996. North Atlantic Sightings Survey 1995 (NASS-95): Shipboard surveys in Icelandic and adjacent waters June-July 1995. Preliminary cruise report. SC/4/17 for the NAMMCO Scientific Committee.
- NAMMCO (North Atlantic Marine Mammal Commission) 1995. Report of the joint meeting of the Scientific Committee working groups on northern bottlenose and killer whales and management procedures. NAMMCO Annual Report 1995: 89-99.
- Pike, D.G., Þorvaldur Gunnlaugsson, Gísli A. Víkingsson, G. Desportes, B. Mikkelsen 2003. Surface abundance of northern bottlenose whales (*Hyperoodon ampulatus*) from NASS-1995 and 2001 shipboard surveys. NAMMCO/SC/11/AE/11, 12 bls.

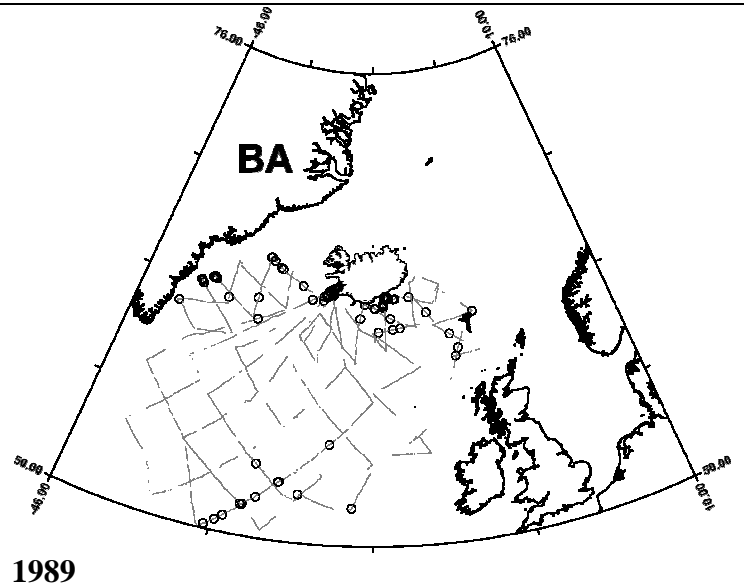
- Pike, D.G., C.G.M. Paxton, Þorvaldur Gunnlaugsson, Gísli A. Víkingsson 2004. Trends in the distribution and abundance of cetaceans in Icelandic coastal waters from areal surveys, 1986-2001 NAMMCO SC/12/11, 48 s.
- Pike, D.G, Gísli A. Víkingsson , Þorvaldur Gunnlaugsson og Øien N. 2007a. A note on the distribution and abundance of blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Central and Northeast North Atlantic. NAMMCO Sci.Publ. vol 7 (in press).
- Pike, D.G., Þorvaldur Gunnlaugsson, Gísli A. Víkingsson., Desportes, G. and Bloch, D. 2007b. Estimates of the abundance of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) from Faroese and Icelandic NASS shipboard surveys. NAMMCO Sci.Publ. vol 7 (in press).
- Richardson, W.J. 1995., Green, C.R., Malme, C.I. og Thomson, D.H. 1995. Marine mammals and noise. Academic Press, San Diego, CA.
- Rowles, T., Ketten, D., Ewing, R. o.fl. 2000. Mass stranding of multiple cetacean species in the Bahamas on March 15-17, 2000. IWC SC/52/E28.
- Skaug, H.J., Øien, N., Schweder, T. and Bøthun, G. 2004. Abundance of minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in the Northeast Atlantic: variability in time and space. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 61: 870–886.
- Würsig, B. og Richardson, W.J. 2002. Effects of noise. Encyclopedia of marine mammals. Academic Press, 1414 bls.
- Þorvaldur Gunnlaugsson, Jóhann Sigurjónsson 1990. NASS-87: Estimation of whale abundance based on observations made onboard Icelandic and Faroese survey vessels. Rep.int.Whal.Comm, 40: 571-80.
- Þorvaldur Gunnlaugsson, Gísli A. Víkingsson, Pike, D.G. 2004. Comparison of sightings rates from NASS and other dedicated cetacean vessel effort around Iceland during 1982 to 2003. IWC SC/56/O 5.
- Øien, N. 2003. Distribution and abundance of large whales in the Northeast Atlantic, 1995. SC/11/MF/10 for the NAMMCO Scientific Committee.
- Øien, N. & Hartvedt, S. 2003. Distribution of fin whales in the Northeast Atlantic, based in incidental sightings, 1967-2002. SC/11/MF/18 for the NAMMCO Scientific Committee, 4 bls.
- Øien, N. 2004. Distribution and abundance of large whales in the northeast Atlantic, based on data from partial coverages 1996-2001. NAMMCO SC/12/20.
- Øien, N. and Bøthun, G. 2005. Trends in local abundance of large whales in the Northeast Atlantic, based on Norwegian surveys 1987-2004. IWC SC/57/O11.

Viðauki. Útbreiðsla hvala samkvæmt talningum Íslendinga og Færeyinga 1987, 1989, 1995 og 2001.

HREFNA



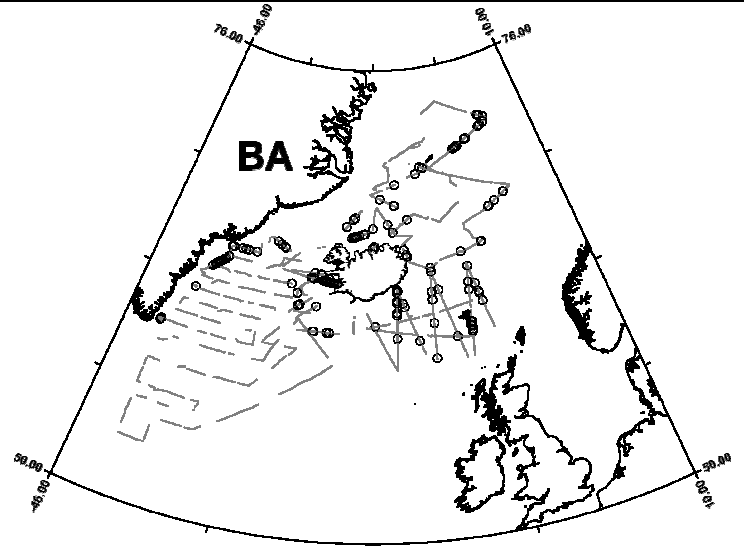
1987



1989

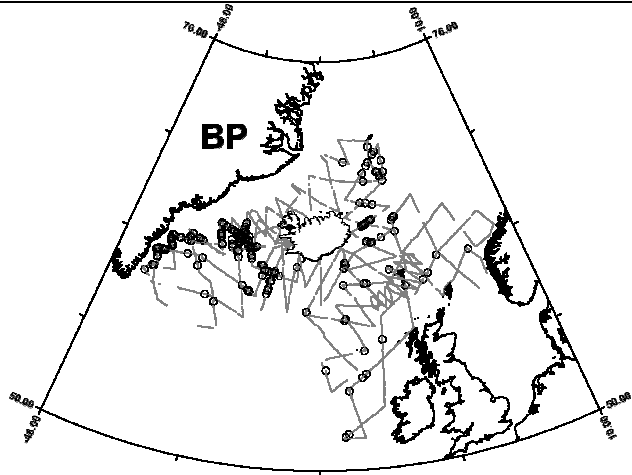


1995

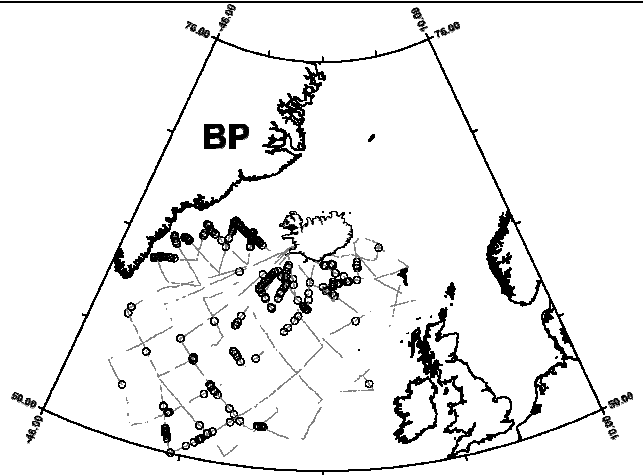


2001

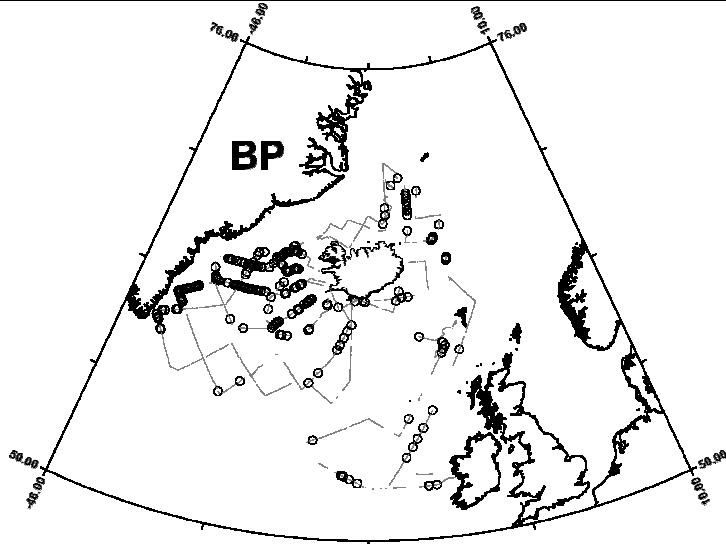
LANGREYÐUR



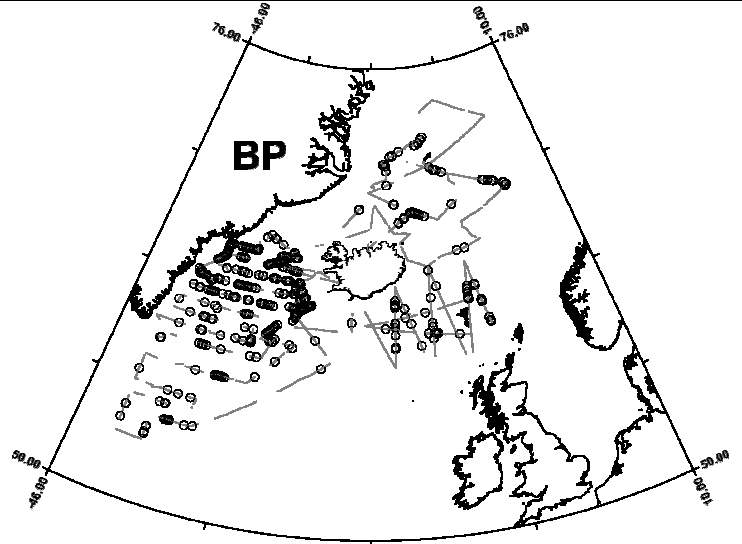
1987



1989

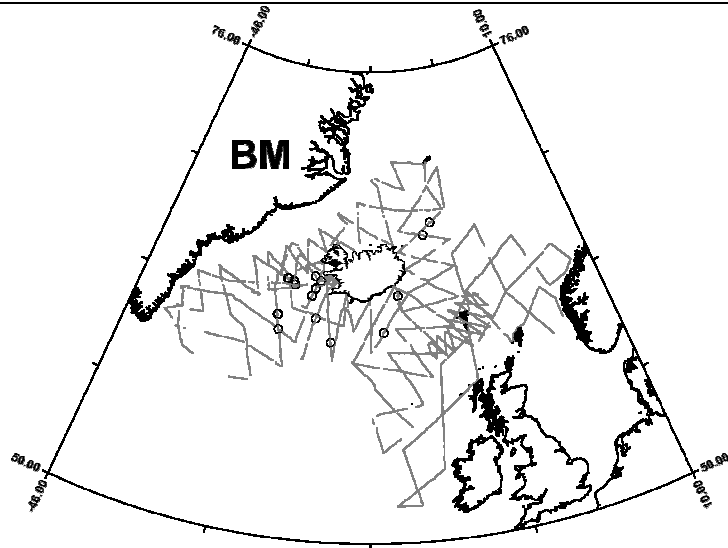


1995

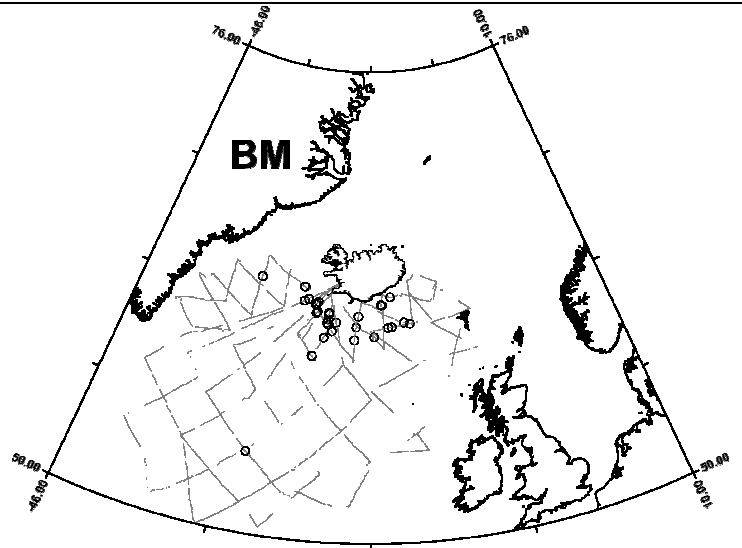


2001

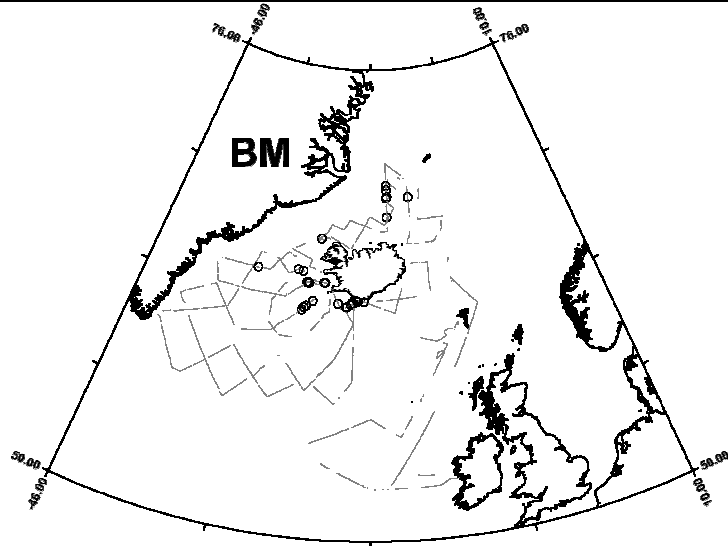
STEYPIREYÐUR



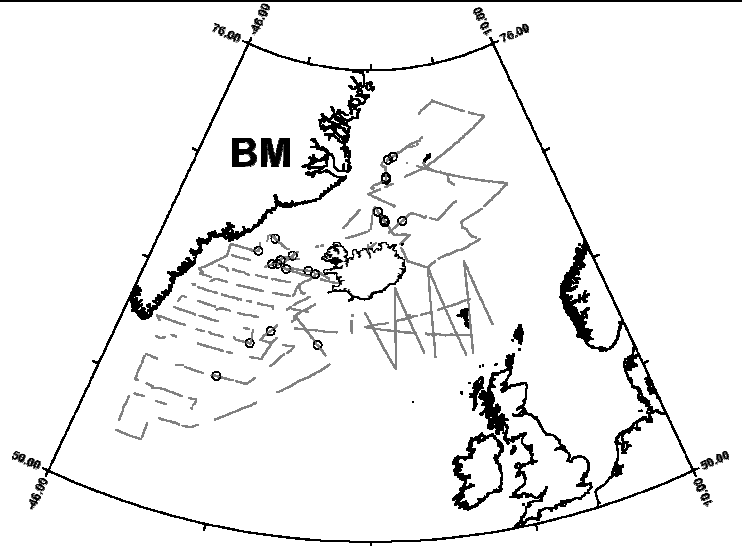
1987



1989

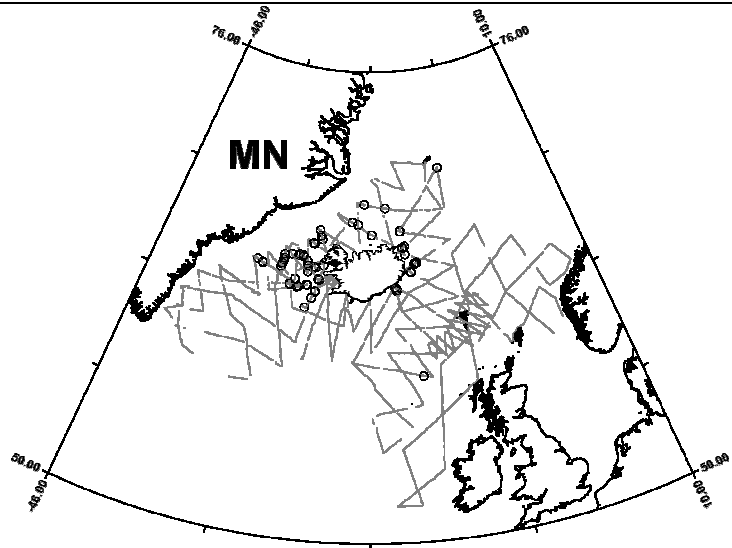


1995

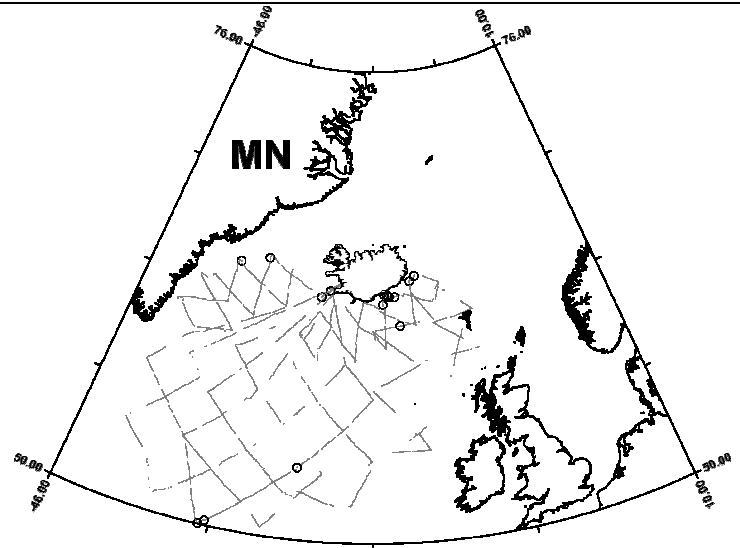


2001

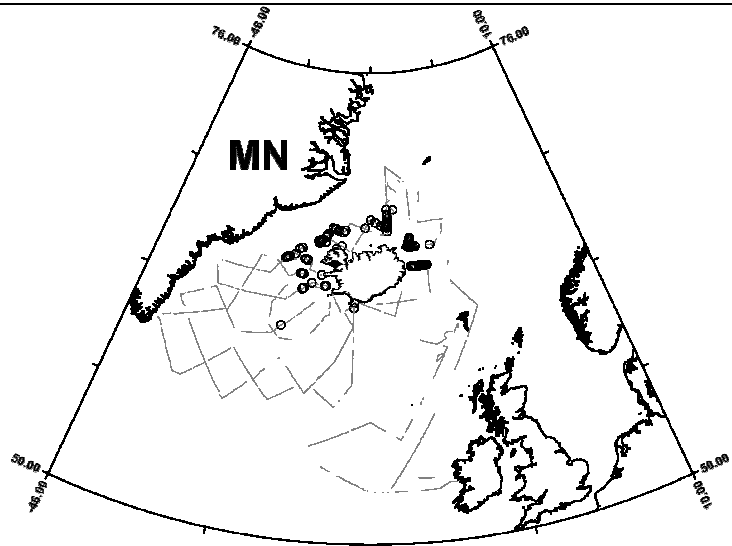
HNÚFUBAKUR



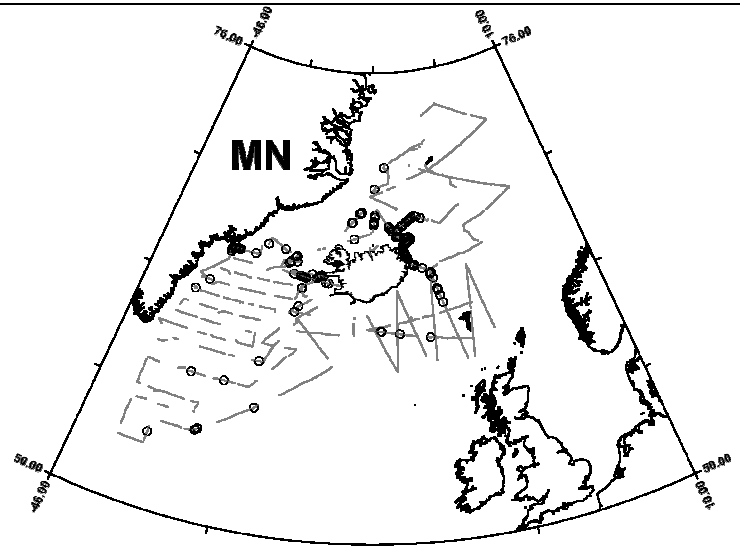
1987



1989

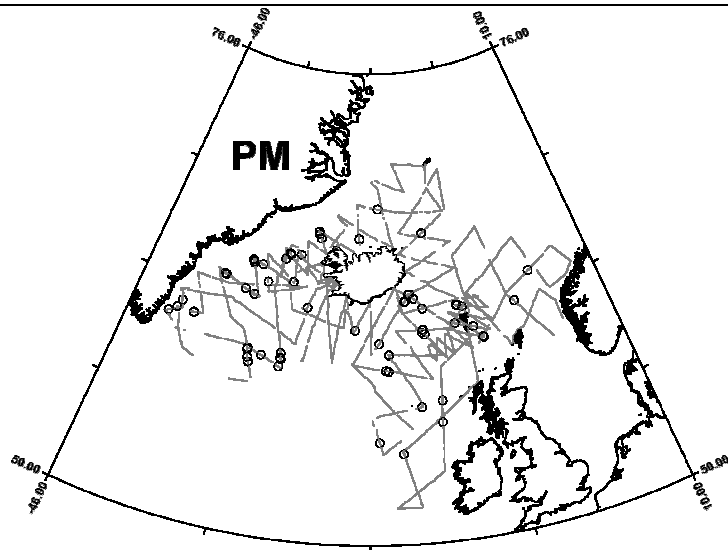


1995

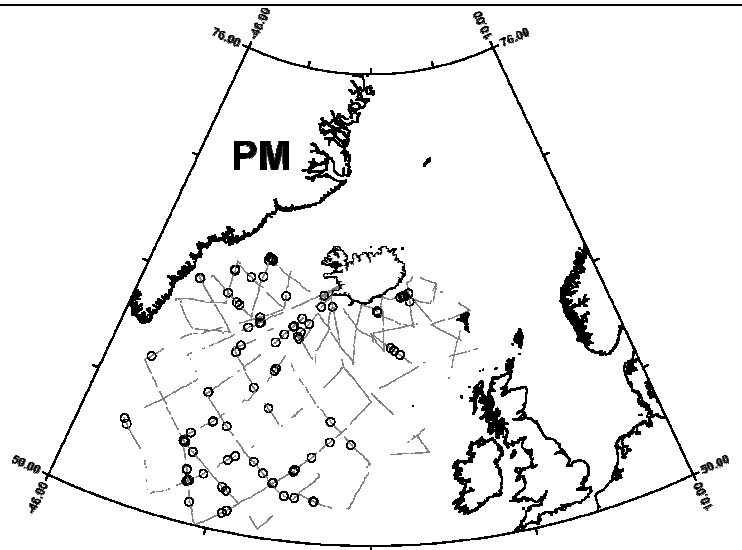


2001

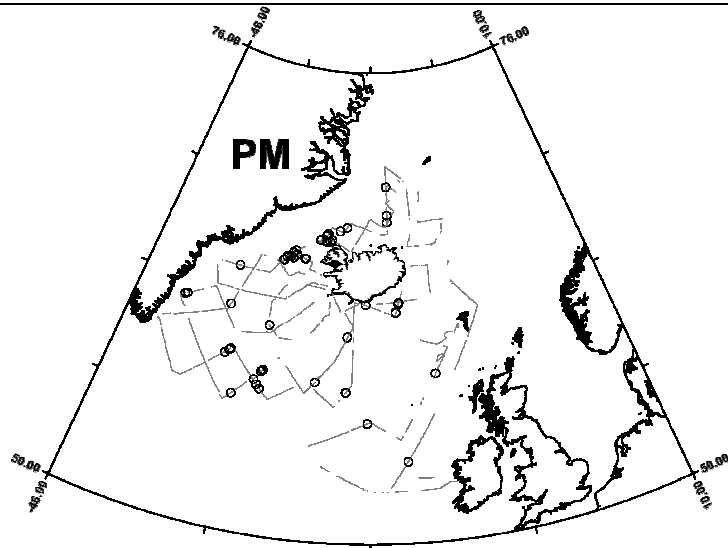
BÚRHVALUR



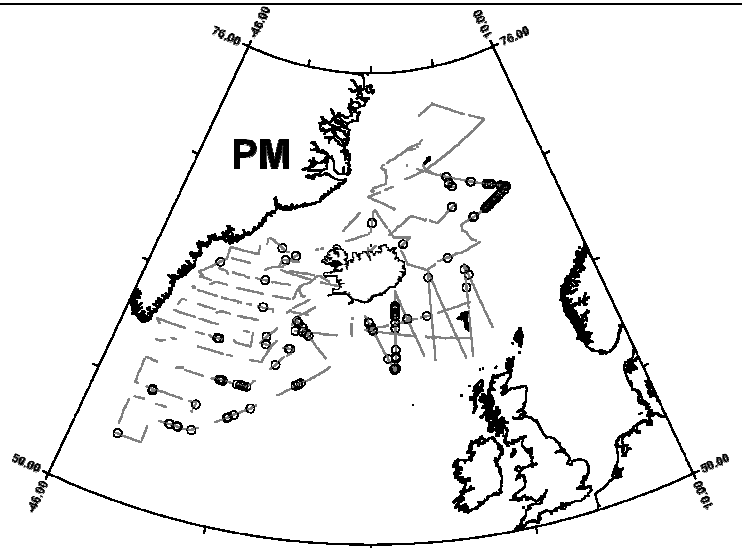
1987



1989

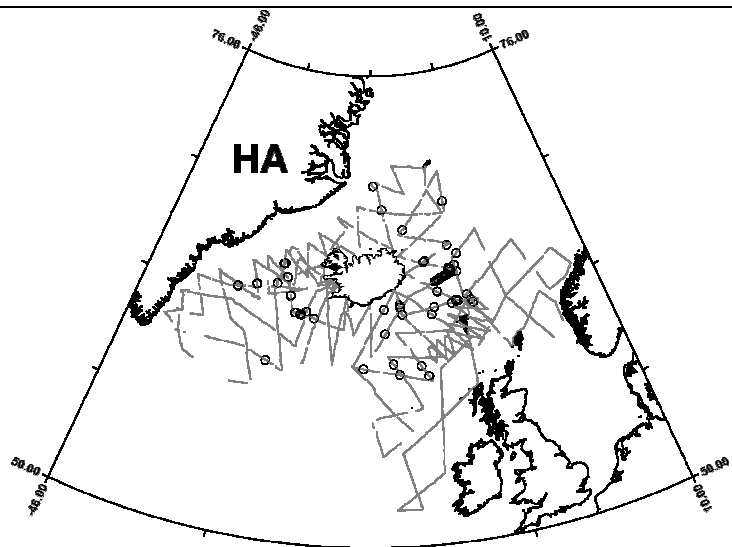


1995

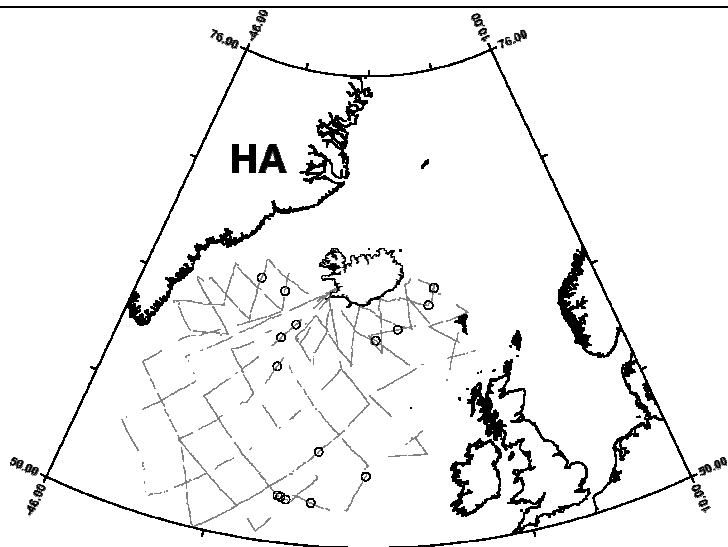


2001

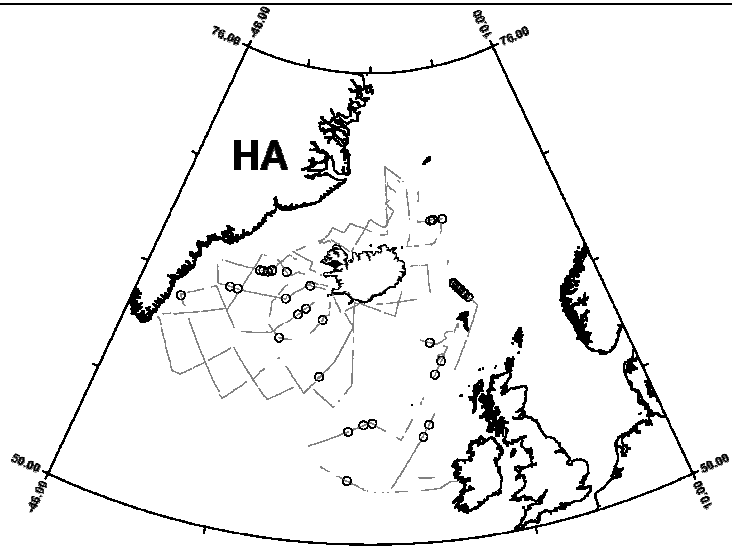
ANDARNEFJA



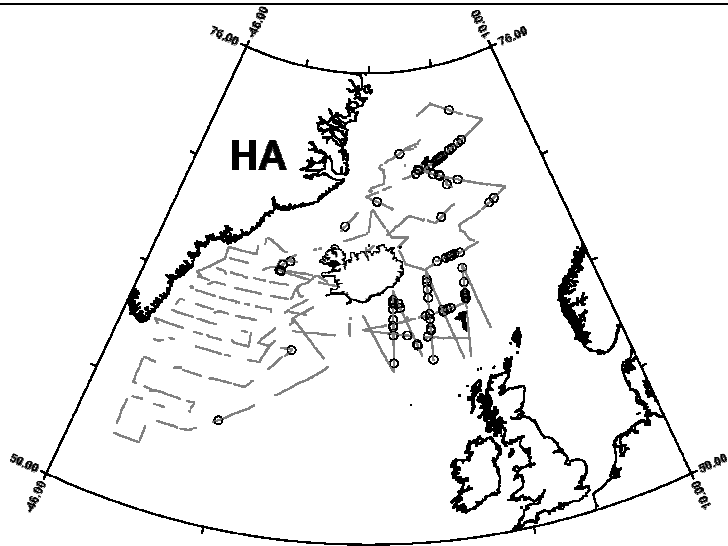
1987



1989

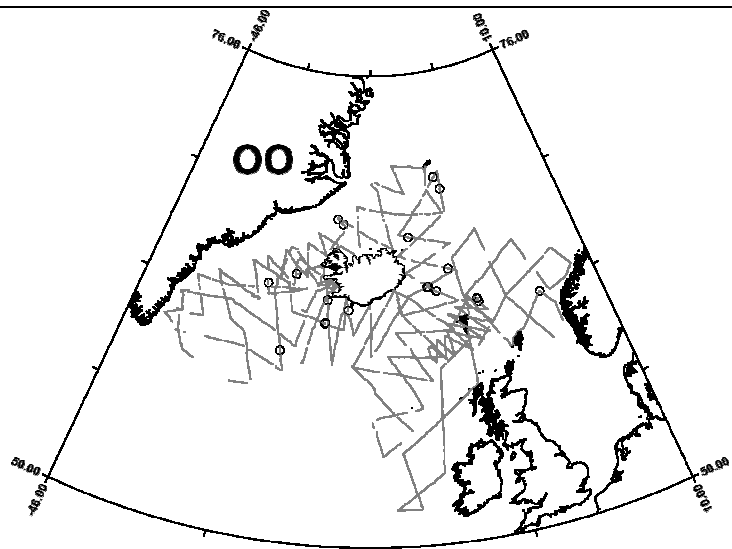


1995

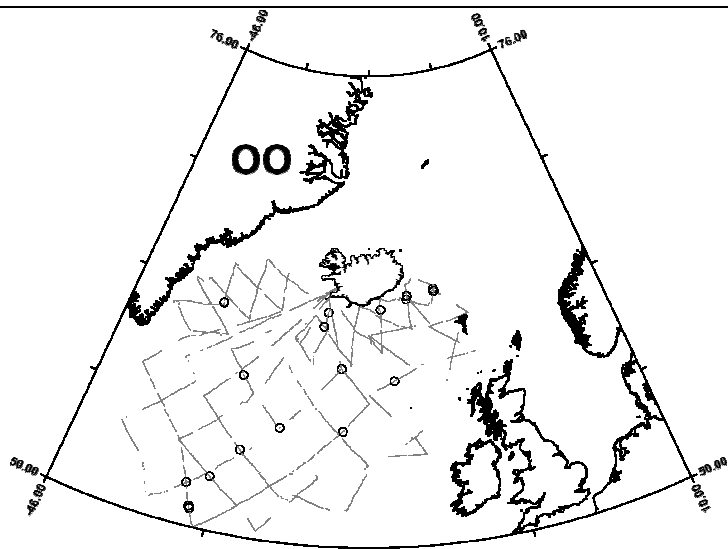


2001

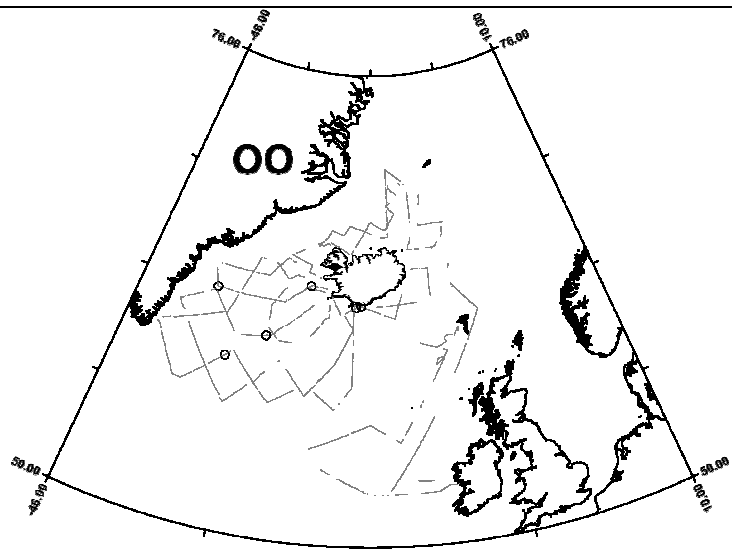
HÁHYRNINGUR



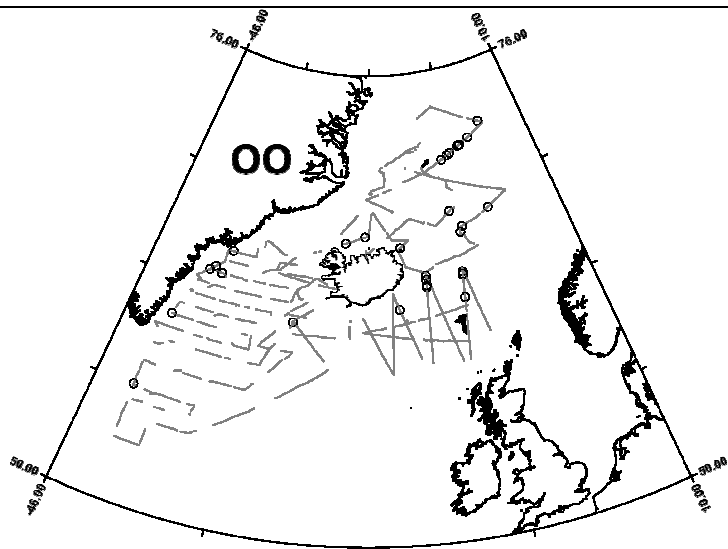
1987



1989

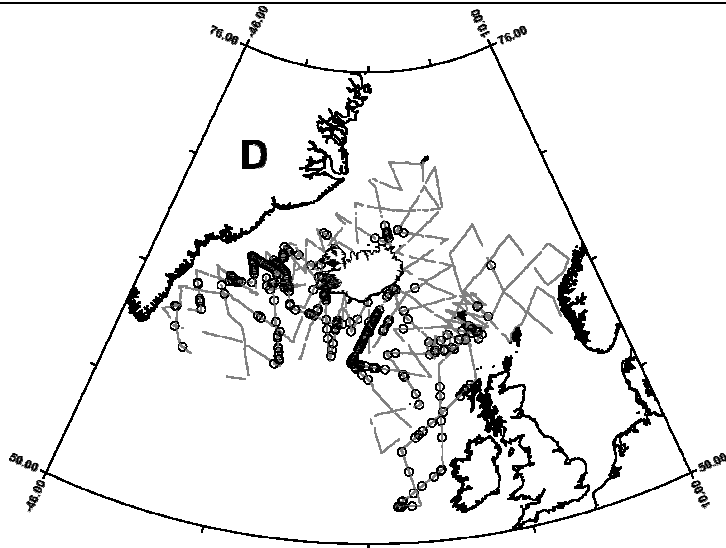


1995

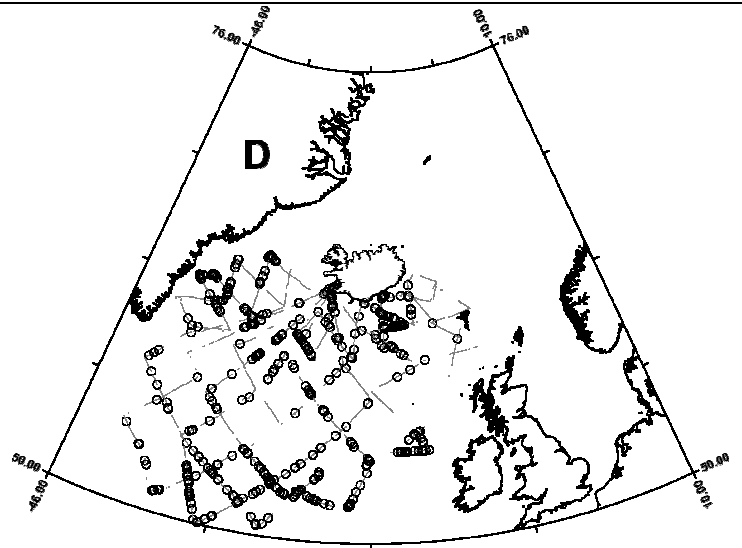


2001

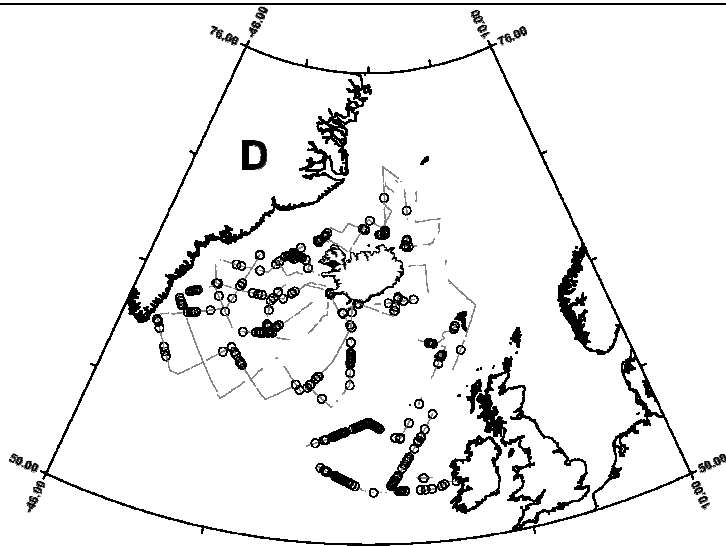
HÖFRUNGAR



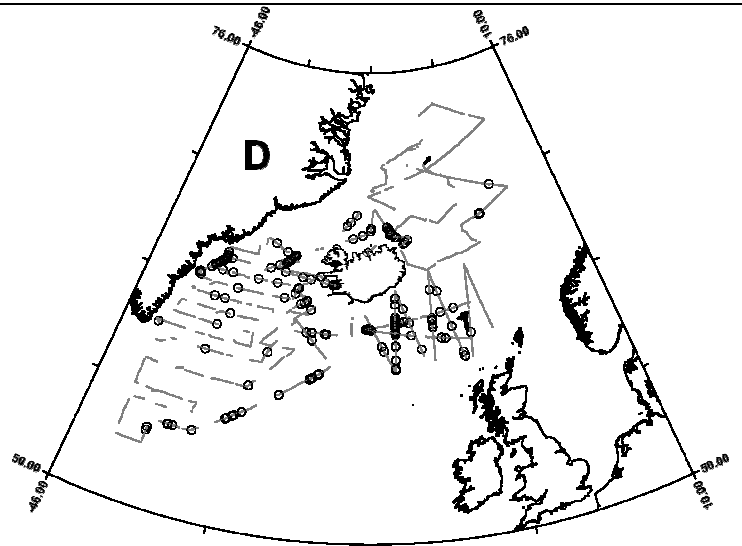
1987



1989



1995



2001

SVÍNHALIR

