

VEÐURFAR OG LÍFRÍKI SJÁVAR Á ÍSLANDSMIÐUM / CLIMATE AND THE MARINE ECOSYSTEM AROUND ICELAND

Ólafur S. Ástþórsson
Hafrannsóknastofnuninni

Ágrip

Á seinustu 100 árum hafa verið áberandi hlýviðrisskeið 1925-1945, kuldaskeið 1965-1971 og hlýviðrisskeið frá 1996. Á þessum tímabilum hafa einnig orðið verulegar breytingar á vistkerfi sjávar við Ísland sem líklegast tengjast veðurfarsbreytingunum.

Abstract

During the past 100 years a particularly warm period was observed in Icelandic waters during 1925-1945, a cold period in 1965-1971 and a warm period since 1996. During the same periods marked changes in the ecosystem have also been observed and which probably are related to the temperature changes.

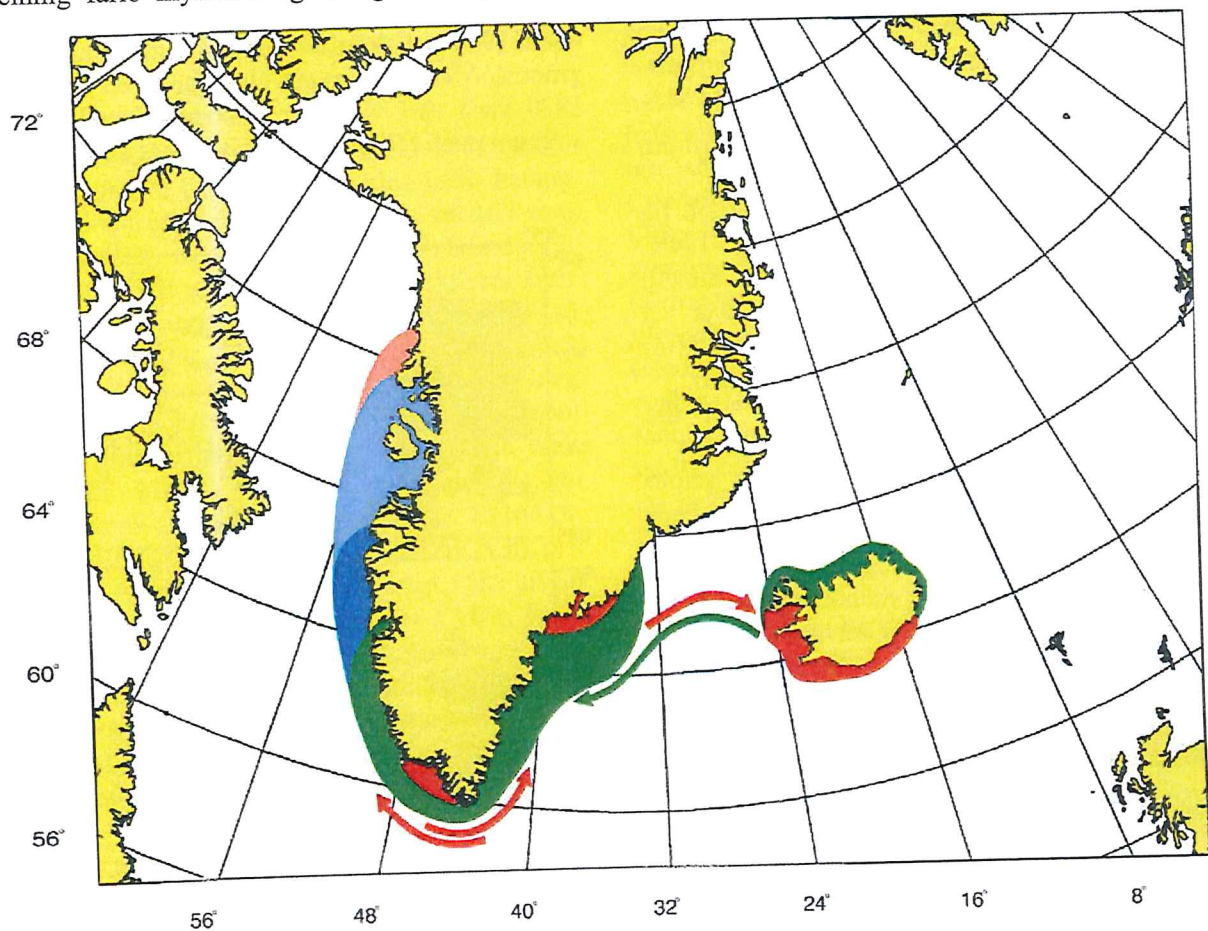
Inngangur

Ísland er staðsett á skilum heitra og kaldra loft- og hafstrauma og því geta átt sér stað mikil umskipti í veðurfari hér við land frá ári til árs. Á allra seinustu árum hefur veðurfar á jörðinni einnig farið hlýnandi og líklegast tengist það

starfsemi mannsins. Sá veruleiki er nú almennt viðurkenndur af vísindamönnum og einnig af flestum pólitískum yfirvöldum.

Í þessum pistli er stiklað á stóru um helstu breytingar sem orðið hafa á veðurfari í hafinu við Ísland seinustu 130 ár eða svo og nefnd dæmi um hvernig þær hafa haft áhrif á flest þrep fæðukeðjunnar í sjónum.

Efnið sem hér um ræðir er bæði viðtækt og flókið og langt í frá að fyrir hendi sé nægur skilningur á samspili veðurfars og vistkerfis sjávar. Mörg dæmi sýna hins vegar að þessi tengsl eru fyrir hendi og vegna þeirra afleiðinga sem veðurfarsbreytingar kunna að hafa fyrir nýtingu auðlinda sjávar og búsetu á Íslandi er mikilvægt með frekari rannsóknum að auka skilning á þessu sviði.



1. mynd. Stækkun hrygningarsvæðis þorsks við Ísland (grænn litur) í kjölfar hlýinda upp úr 1920. Einnig er sýnd aukin útbreiðsla þorsks við Grænland á fyrstu áratugum 20. aldar. (Hjálmar Vilhjálmsson, 1997.)

Figure 1. Extension of spawning grounds of cod at Iceland (green) following the climatic improvement of the 1920s. Also shown is the increased distribution of cod at Greenland during the first decades of the 20th century. (Hjálmar Vilhjálmsson, 1997.)

Hafstraumar og sjógerðir við Ísland og veðurfar undanfarin 130 ár

Hafsvæðið við Ísland einkennist af tveimur megin sjógerðum sem eiga sér mjög ólíkan uppruna og hafa ólíka eiginleika. Úr suðri berst hlýr og saltur Atlantssjórinn upp að landinu og er hann grein úr Golfstraumnum. Djúpt norðvestur af landinu flæðir ískaldur og ferskur Austur Grænlandsstraumurinn til suðurs. Blöndun og kæling þessara megin sjógerða í mismunandi hlutföllum myndar síðan nær allar aðrar sjógerðir við Ísland. Við og utan landgrunnsbrúnarinnar fyrir norðan og norðaustan land flæðir Austur Íslands-straumurinn til suðausturs og er sjógerð hans (svokallaður "svalsjór") mynduð af blöndun eða umbreytingu Atlantssjávarins og Pólsjávarins. Á Norðurmiðum er breytilegur styrkur megin straumanna er talinn ráða mestu um skilyrði í sjónum við Ísland á hverjum tíma (Ólafur S. Ástþórsson o.fl., 2007).

Ástand sjávar hefur verið sveiflukennt seinustu 130 árin. Draga má helstu breytingarnar saman eftirfarandi hátt (Unnsteinn Stefánsson, 1999 og nýlegar skýrslur Hafrannsóknastofnunarinnar, Þættir úr vistfræði sjávar):

1. Mjög kalt var við Ísland frá um 1875 til um 1915 en eftir það fór að hlýna.
2. Á árunum 1925-1964 var hlýviðrisskeið og sérstaklega var hlýtt á tímabilinu 1925-1945.
3. Á árunum 1965-1971 tók við kalt tímabil með litlu innstreymi Atlantssjávar á Norðurmið og mikilli útbreiðslu Pólsjávar. Stundum er þetta tímabil nefnt „hafísárin“.
4. Tímabilið 1972-1995 skiptust á 1-4 ára tímabil hlýrra og kaldra skilyrða.
5. Árið 1996 hófst hlýindaskeið sem staðið hefur nær óslitið síðan en ekki er á þessari stundu unnt að spá fyrir um hve lengi það muni vara.

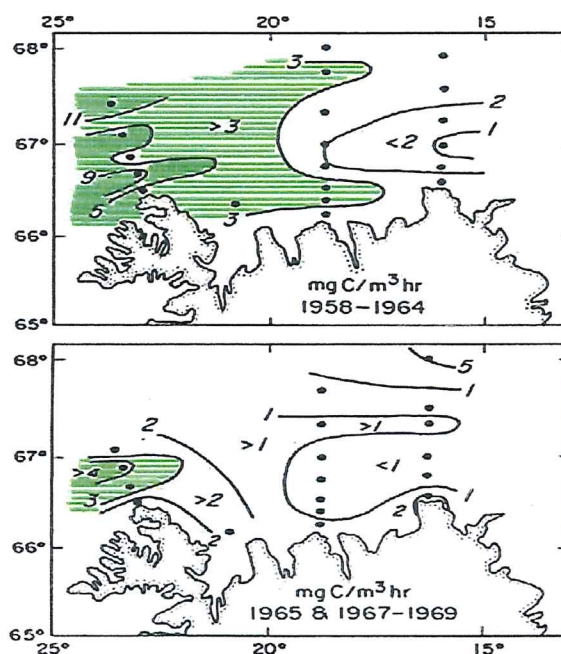
Við frekari umfjöllun hér að neðan um áhrif veðurfars á lífríkið í hafinu við Ísland verður lögð áhersla á hlýindatímabilið 1925-1945, köldu árin 1965-1971 og hlýindaskeiðið frá 1996.

Hlýju árin 1925-1945

Frumherjar íslenskra fiskirannsóknna, þeir Bjarni Sæmundsson (1934) og Árni Friðriksson (1948), greindu frá þeim margvíslegu breytingum sem hlýindaskeiðið sem hófst upp úr 1925 hafði á fiskistofna á Íslandsmiðum. Í stuttu máli voru þær sem hér segir:

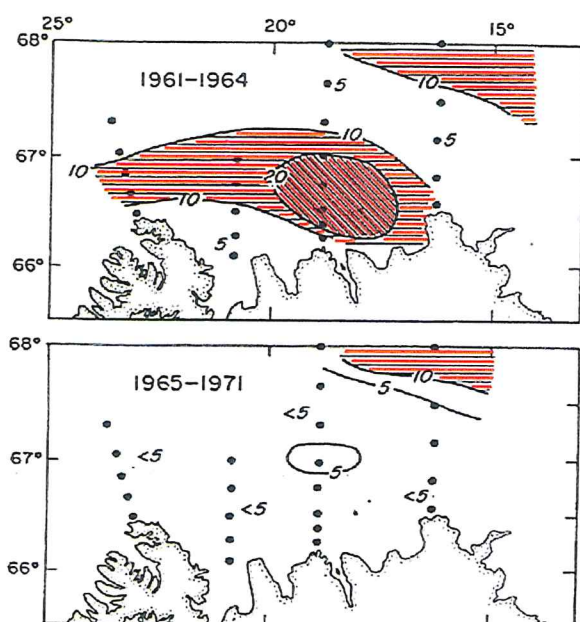
1. Útbreiðslu-/hrygningarsvæði 7 algengra fisktegunda, þ.e. þorsks (*Gadus morhua*) (1. mynd), síldar (*Clupea harengus*), loðnu (*Mallotus villosus*), sandhverfu (*Psetta maxima*), langglúru (*Glyptocephalus cynoglossus*), stóra gulllax (*Argentina silus*) og hákarls (*Somniosus microcephalus*), breyttist og/eða stækkaði.
2. Nokkrir suðrænir flækningar fundust við landið í meira mæli en áður, t.d. makrill (*Scomber scombrus*), túnfiskur (*Thunnus thynnus*), brynstirtla (*Trachurus trachurus*), litla bromsa (*Phycis blennus*) og fleiri tegundir.
3. Fimm nýjar fisktegundir fundust á Íslandsmiðum, þ.e. sverðfiskur (*Xiphias gladius*), lýr (*Pollachius pollachius*), augnasild (*Allosa fallax*), flekkjaglitnir (*Callionymus maculatus*) og þrændarskata (*Raja (Dipturus) nidarosiensis*).

Einnig má geta þess að hlýnunin upp úr 1920 hafði í för með sér miklar breytingar í útbreiðslu og fjölda þorsks við Grænland (1. mynd). Fram undir 1920 var dreifður þorskur í litlu magni á grunnslóð við suðurodda Grænlands en upp úr 1920 varð vart við hann á stærra svæði og í auknum mæli (Hjálmar Vilhjálmsson, 1997).



2. mynd. Frumframleiðni að vori fyrir norðan Ísland, annars vegar fyrir hafísárin (1958-1964) og hins vegar á hafísárunum (1965 og 1967-1969). (Þórðardóttir 1977).

Figure 2. Primary production in spring north of Iceland prior to the "ice years" (1958-1964) and during the "ice years" (1965 og 1967-1969). (Þórðardóttir 1977).



3. mynd. Lífmassi átu að vori fyrir norðan Ísland, annars vegar fyrir hafísárin (1961-1964) og hins vegar á hafísárunum (1965-1971). Úr Ólafur S. Ástþórsson o.fl. (1983).

Figure 3. Zooplankton biomass in spring north of Iceland prior to the "ice years" (1961-1964) and during the "ice years" (1965-1971). From Ólafur S. Ástþórsson o.fl. (1983).

Köldu árin 1965-1971

Kuldaskleiðið á árunum 1965-1971 hafði viðtæk áhrif á lífríkið fyrir norðan land. Þannig minnkaði frumframleiðni verulega frá því sem áður var (2. mynd) og átustofnar hrundu (3. mynd). Breytt umhverfis- og fæðuskilyrði fyrir norðan land eru síðan talin hafa stuðlað að breytingum á göngum norsk-íslensku síldarinnar. Á sama tíma átti sér einnig stað veruleg ofveiði á síldarstofninum og í sameiningu eru breytt umhverfisskilyrði og ofveiði talin hafa leitt til hruns stofnsins undir lok sjötta áratugarins (Jakob Jakobsson, 1978). Svend Å. Malmberg (1986) benti á að þorskur sem ólst upp við Ísland á hafísárunum virtist vaxa hægar en sá sem ólst upp á árunum þar á eftir. Þá er athyglisvert að eftir hrun átustofnanna fyrir norðan land í lok sjötta áratugarins var það ekki fyrir en á tíunda áratugnum sem svipað átumagn mældist fyrir norðan land og var þar fyrir hrúnið (Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason, 1995).

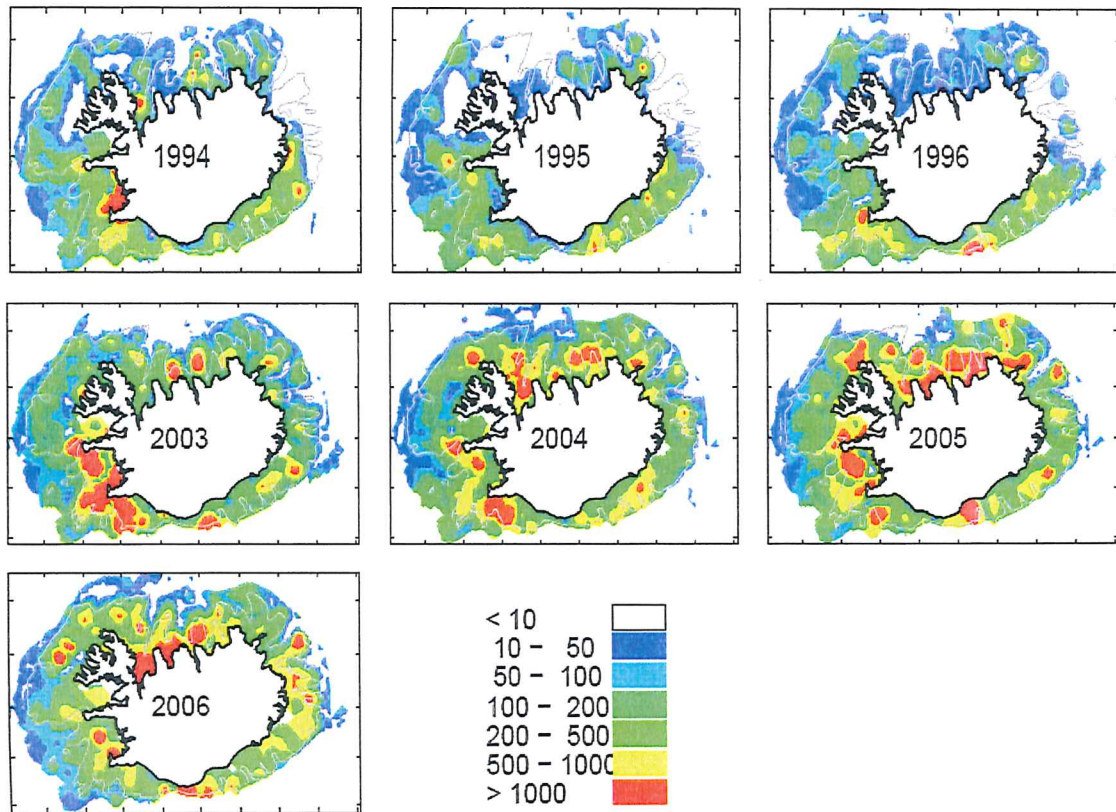
Langtíma umhverfisrannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar að vorlagi fyrir norðan Ísland á árunum fyrir ísárin, á hafísárunum og á árunum þar á eftir leiddu í ljós hina miklu þýðingu innflæðis Atlantssjávar inn á norðurmið fyrir framvindu bæði plöntu- og dýrasvifs-

stofna og þar með fæðuframboð fiskistofna sem þar halda sig. Í stuttu máli má segja að atburðarásin í þeim efnum sé eftirfarandi. Aukið innflæði Atlantssjávar stuðlar að meira framboði næringarefna og uppblöndun sem síðan eykur og viðheldur frumframleiðni. Aukin frumframleiðni leiðir til aukins fæðuframboðs fyrir dýrasvif. Innflæði Atlantssjávar inn á norðurmið flytur jafnframt með sér dýrasvif frá suðlægari slóðum þannig að meira er um dýrasvif fyrir norðan land í hlýjum árum en köldum. Loks stuðlar hærrí hiti í Atlantssjónum almennt að meiri framleiðni dýrasvifs (hraðari vexti og þroskun) í samanburði við það sem er í Pólsjónum. Í sameiningu þýðir þetta aukna framleiðni og fæðuframboð á öllum þrepum vistkerfisins fyrir norðan land þegar Atlantssjórinn er þar ríkjandi.

Hlýju árin frá og með 1996

Eins og að ofan segir hefur verið nær samfelld hlýndatímabil á Íslandsmiðum frá árinu 1996 og fram til dagsins í dag. Á sama tíma hafa orðið verulegar breytingar í útbreiðslu marga fisktegunda í sjónum við landið. Hvað varðar algenga nytjastofna sem hafa víðáttumikla útbreiðslu má nefna að a.m.k. 8 tegundir hafa breytt útbreiðslu sinni verulega. Þar er m.a. um að ræða loðnu (*Mallotus villosus*), ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*), kolmunna (*Micromesistius poutassou*), ufsa (*Pollachius virens*), síld (*Clupea harengus*), úthafskarfa (*Sebastes mentella*), skötusel (*Lophius piscatorius*) og þykkvalúru (*Microstomus kitt*) (Héðinn Valdimarsson o.fl., 2005; Ólafur S. Ástþórsson o.fl., 2007). Af þessum tegundum er loðnan eina norræna tegundin og í hlýindum undan farinna ára hefur hún hopað frá landinu og heldur sig nú í meira mæli lengra norður í höfum og til vesturs yfir grænenska landgrunninu. Hinar tegundirnar eru allar suðrænar og að undanskildum úthafskarfa hafa þær á undanföllum árum verið að veiðast í auknu magni fyrir norðan land (t.d. ýsa (4. mynd), skötuselur, kolmunni). Með aukinni útbreiðslu hlýsjávar virðist sumargotssíldin hafa dreift sér víðar um miðin og nú heldur hún sig nánast allt umhverfis landið (Ásta Guðmundsdóttir og Þorsteinn Sigurðsson, 2004). Í Grænlandshafi virðist úthafskarfi hafa hopað til suðurs og vesturs samfara hlýnun á undanföllum árum (Anon, 2006).

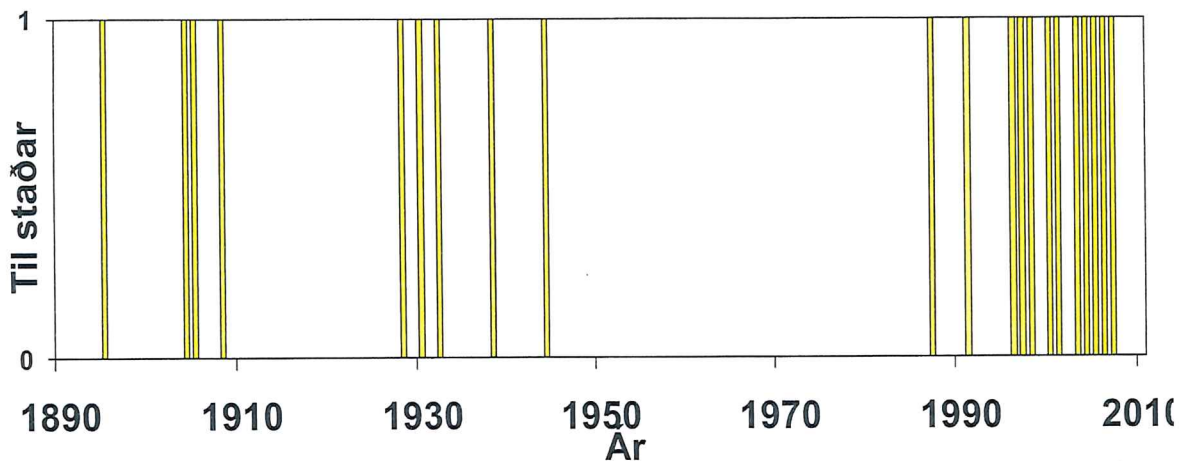
Nokkrir minni eða sjaldgæfari fiskstofnar sem fram til þessa hafa aðallega fundist við



4. mynd. Magn og útbreiðsla ýsu í stofnmælingu botnfiska í mars 1994, 1995, 1996, 2003, 2004, 2005, 2006. Gögn frá Hafrannsóknastofnuninni.
Figure 4. Abundance and distribution of haddock during ground fish survey in March 1994, 1995, 1996, 2003, 2004, 2005, 2006. Data from MRI.

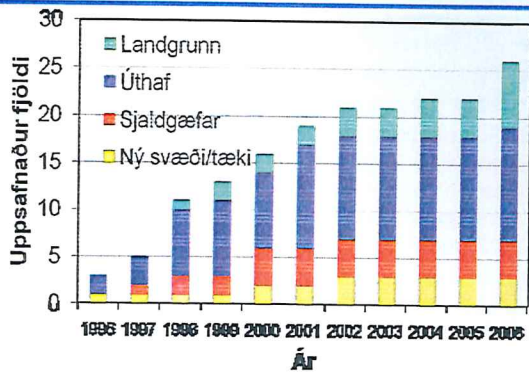
suðurströndina hafa á undanföllum árum veiðst í auknum mæli fyrir norðan land (t.d. lýsa (*Merlangius merlangus*), spærlingur (*Trisopterus esmarki*), litla brosma (*Phycis blennoides*), fjólumóri (*Antimora rostrata*) og stóra sænál (*Entelurus aequoreus*)). Ennfremur hafa að a.m.k. 4 suðrænir flækingar fundist oftar hér við

land á undanföllum 10 árum en á árunum þar á undan (makrill (*Scomber scombrus*), augnasíld (*Allosa fallax*), steinsuga (*Petromyzon marinus*) og hornfiskur (*Belone belone*)). Skráningar á ferðum makrils hér við land s.l. 100 ár benda til tengsla við hlýviðrisskeiðin í hafinu (5. mynd). Reyndar getur makrill varla talist til flækinga



5. mynd. Makrill fannst fyrst undan suðurströndinni 1895 og síðan hefur hann fundist við landið af og til. Heimsóknir makrils eru bundnar við 3 megin tímabil, þ.e. í upphafi 20. aldar, á árunum 1930-1940 og síðan á undan föllum árum. Síðari tímabilin svara til hlýindaskeiða í Norður Atlantshafi. (Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson, 2006)

Figure 5. Atlantic mackerel was first recorded in Icelandic waters in 1895 and since then it has been recorded in the area every now and again. The records are mainly confined to three periods, i.e. the beginning of the 20th. century, the period 1930-1940 and during recent years. The two last periods coincide with warm water periods in the North Atlantic Ocean. (Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson, 2006)



6. mynd. Uppsafnaður fjöldi nýrra fisktegunda sem veiðst hafa á Íslandsmiðum á árunum 1996-2006. Þær hafa verið flokkaðar í 4 hópa á grundvelli útbreiðslu, vistfræði og eins hvort fundurinn er talinn tengjast veiðum á nýjum slóðum eða með nýjum veiðarfærum. Landgrunn (7 tegundir), úthaf (12), sjaldgæfar (4) og ný svæði/veiðar (3). Byggt á Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson (2006) og Jónbjörn Pálsson (2007).

Figure 6. Cumulative record of new fish species in Icelandic waters during 1996-2006. The fish species are grouped into 4 groups on the basis of distribution, ecology and if the record is considered to be related to the use of new gear or fishing on new grounds. Shelf species (7), oceanic (12), rare or sporadic (4) and new gear/grounds (3). Based on Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson (2006) og Jónbjörn Pálsson (2007).

við landið seinustu árin því íslensk skip hafa verið að veiða hann í töluverðu magni innan íslenskrar lögsögu austur af landinu (t.d. rúmlega 30 þús. tonn árið 2007).

Á undanförmum áratugum hefur verið fylgst mjög vel með nýjum og sjaldgæfum fisktegundum við Íslandsstrendur og fundir og fundarstaðir skráðir kerfisbundið. Þær rannsóknir hafa leitt í ljós 26 nýjar fisktegundir við landið á árunum 1996-2006 (sjá Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson, 2006; Jónbjörn Pálsson, 2007). Þær eru: Deplagleypir (*Pseudoscopus alpepinis*), bláháfur (*Prionace glauca*), svartdjöfull (*Melanicetus johnsonii*), tröllageirsili (*Macrolepis affinis*), kjáni (*Chaunax suttkusi*), kryppuangi (*Platyroctes apus*), rákungur (*Sarda sarda*), svartskoltur (*Brotulotaenia crassa*), svartmeiti (*Neonesthes capensis*), luktarlaxsild (*Diaphus effulgens*), spéfiskur (*Dolichopteryx longipes*), flundra (*Platichthys flesus*), vígatanni (*Evermannella balbo*), trölfi (*Lamprogrammus shcherbachevi*), djúpmjóri (*Lycodes terraenovae*), silfursporður (*Grammicolepis branchiisculus*), randarangi (*Barbantus curvifrons*), násurtla (*Haplopryne mollis*), blaðhaus (*Poromitra megalops*), oddhali (*Chorephaenoides carapinus*), pálsfiskur (*Zenopsis conchifera*), pétursfiskur (*Zeus faber*), maísild (*Alosa alosa*), græni marhnútur (*Taurulus bubalis*), hringaháfur (*Galeus melastomus*) og eyjasurtla (*Linophryne maderensis*). Á 6. mynd hafa þessar nýju teg-

undir verið flokkaðar í 4 hópa á grundvelli útbreiðslu, vistfræði og eins hvort fundurinn er talinn tengjast veiðum með nýjum veiðarfærum eða á nýjum slóðum. Nýlegar vísindagreinar hafa fjallað um aukna norðlæga útbreiðslu sumra af ofanefndum fisktegundum (t.d. Swaby og Potts, 1999; Quero o.fl., 1998; Stebbing o.fl., 2002). Nýlegir fundir við Ísland virðast vera áframhald á norðlægri göngu þeirra eða tilfærslu.

Meðal nýrra tegunda sem teljast til annarra sjávardýrahópa en fiska og fundist hafa í hafinu við Ísland á allra seinustu árum er ein krabbategund, klettakrabbí (*Cancer irroratus*) (Hrafnkell Eiríksson, munnl. uppl.) og ein rækjutegund, sandrækja (*Crangon crangon*) (Björn Gunnarsson og Þór H. Ásgeirsson, 2006). Þá fundust nýlega í sjónum við Ísland í annað sinn tvær krabbategundir, tannkrabbí (*Cancer bellianus*) og töskukrabbí (*Cancer pagurus*), sem áður höfðu fundist við landið fyrir um 40 árum (Hrafnkell Eiríksson, munnl. uppl.).

Skipulegar talningar til mats á stofnstærðum hvala, sem farið hafa fram með reglulegu millibili síðan 1987, hafa m.a. sýnt að frá 1995 hefur orðið umtalsverð aukning í fjölda langreyða (*Balaenoptera physalus*) í Irmingerhafi (Gísli Víkingsson og Héðinn Valdimarsson, 2006). Líklegt er talið að fjölgunina megi rekja til umhverfisbreytinga (hækkunar í hita og seltu) þó að ekki sé ljóst hvort um sé að ræða bein áhrif umhverfis eða í gegnum fæðukeðjuna, þ.e. vegna breytinga á fæðuskilyrðum fyrir langreyði. Að lokum má geta þess að í tengslum við fund á suðrænni höfrungategund, rákahöfrungi (*Stenella coeruleoalba*), hér við land á undanförmum árum hefur verið bent á veðurfarsbreytingar eða hlýnun sjávar sem hugsanlega skýringu. Rákahöfrungur fannst fyrst rekinn í Örafasveit árið 1984 og síðan hefur hann fundist nokkrum sinnum: árið 1998 í Mosfellssveit (4 dýr), 2004 á Kjalarnesi og Héraðs-sandi, 2005 við Stokkseyri og í Patreksfirði (Gísli A. Víkingsson, 2004; Ólafur S. Ástþórsson o.fl., 2007). Þessir fundir eru taldir of víða til þess að geta verið úr sömu göngu eða sama hópi flækinga og því er hugsanlegt að rákahöfrungur sé nú að sækja í auknum mæli norður á bóginn.

Lokaorð

Að mörgu leyti virðast breytingar þær sem orðið hafa á lífríki sjávar hér við land á síðustu

10 árum svipaðar þeim sem urðu á hlýju árunum frá 1925-1945. Munurinn er hins vegar sá að nú er aukning svokallaðra gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum talin veigamikil orsök verðurfarsbreytinganna og jafnvel þó að sú aukning stöðvist á allra næstu árum mun halda áfram að hlýna vegna tímaháðra sambanda og afturvirkni í veðurfarskerfunum. Hugsanlegt er því að nú sé ekki um að ræða skammvinnu hlýndatímabil eins og á fyrri hluta síðustu aldar heldur upphaf meiriháttar breytinga á umhverfi og lífríki sjávar. Áhugavert verður að skrá og fylgjast með því hvernig vistkerfi Íslandsmiða bregst við áframhaldandi breytingum í veðurfari á næstu árum og áratugum.

Heimildir

- Anon, 2006. Nytjastofnar sjávar 2005/2006, Aflahorfur fiskveiðiárið 2006/2007. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit* 126, 190 bls.
- Anton Galan og Hrafnkell Eiríksson, 2008. Töskukrabbi og tannkrabbi finnast við Ísland. *Náttúrufræðingurinn* 76, í prentun.
- Árni Friðriksson, 1948. Boreo-tended changes in the marine vertebrate fauna of Iceland during the last 25 years. *Rapport et Proces-verbaux Réunion Conseil International Exploration de la Mer* 125, 30-32.
- Ásta Guðmundsdóttir og Þorsteinn Sigurðsson, 2004. Veiðar og útbreiðsla íslensku sumargotssildarinnar að haust- og vetrarlagi árin 1978-2003. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit* 104, 42 bls.
- Bjarni Sæmundsson, 1934. Probable influence of changes in temperature on the marine fauna of Iceland. *Rapport et Proces-verbaux Réunion Conseil International Exploration de la Mer* 86, 1-6.
- Björn Gunnarsson og Þór H. Ásgeirsson, 2006. Sandrækja finnst við Ísland. *Náttúrufræðingurinn* 74, 39-42.
- Gísli A. Víkingsson, 2004. Rákahöfrungur. Í: Páll Hersteinsson (ritstj.), *Íslensk spendýr*. Vaka Helgafell, Reykjavík. Bls. 164-165.
- Gísli Víkingsson og Héðinn Valdimarsson, 2006. Hvalir og umhverfisþættir. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit* 125, 30-33.
- Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson og Kristinn Guðmundsson, 2005. Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit* 11, 23-28.
- 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, 9-29.
- Jakob Jakobsson, 1978. The north Icelandic herring fishery and environmental conditions 1960-1968. ICES Symposium on the biological basis of pelagic fish stock management. Erindi nr. 30 (handrit), 101 bls.
- Jónbjörn Pálsson, 2007. Sjaldgæfir fiskar á Íslandsmiðum 2006. *Ægir* 100, 12-14.
- Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason, 1995. Long term changes in zooplankton biomass in Icelandic waters in spring. *ICES Journal of Marine Science* 52, 657-688.
- Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson, 2006. New fish records and records of rare southern fish species in Icelandic waters in the warm period 1996-2005. *International Council for the Exploration of the Sea, CM 2006/C20*, 22 bls.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason og Steingrímur Jónsson, 2007. Climate variability and the Icelandic marine ecosystem. *Deep-Sea Research II* 54, 2456-2477.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ingvar Hallgrímsson og Guðmundur S. Jónsson, 1983. Variations in zooplankton densities in Icelandic waters in spring during the years 1961-1982. *Rit Fiskideildar* 7, 73-113.
- Quero, J. C., DuBuit, M. H. og Vayne, J. J. 1998. Les observations de poissons tropicaux et le réchauffement de eaux dans l'Atlantique européen. *Oceanologia Acta* 21, 341-451.
- Stebbing, A. R. D., Turk, S. M. T., Wheller, A. og Clarke, K. R. 2002. Immigration of southern fish species to south-west England linked to warming of the North Atlantic (1960-2001). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 82, 177-180.
- Swaby, S. E. og Potts, W. G. 1999. The sailfish dory, a first British record. *Journal of Fish Biology* 54, 1338-1340.
- Svend Å Malmberg, 1986. The biological impact of the East Greenland Current on the North Icelandic waters. Í: S. Skreslet (ritstj.), *The role of freshwater outflow in the coastal marine ecosystems*. NATO ASI Series, vol. G7. Springer, Berlin, bls. 389-404.
- Unnsteinn Stefánsson, 1999. Hafíð. Háskólaútgáfan, Reykjavík. 480 bls.
- Þórunn Þórðardóttir, 1977. Primary production in north Icelandic waters in relation to recent climatic changes. Í: M.J. Dunbar (ritstj.), *Polar Oceans*, Proceedings of the Polar Oceans Conference, McGill University, Montreal, May 1974. Arctic Institute of America, Canada, bls. 655-665.