Karl Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir og Óskar Sindri Gíslason

Framandi sjávarlífverur við Ísland

Æ fleiri framandi sjávarlífvera verður vart í strandsjónum við Ísland. Alls er vitað af fimmtán tegundum og hefur um helmingur þeirra numið hér land á undanförnum tveimur áratugum. Meðal þeirra eru sex tegundir þörunga, svifþörungarnir *Heterosigma akashiwo*, *Stephanopyxis turris* og *Mediopyxis helysia*, og botnþörungarnir sagþang (*Fucus serratus*), rauðflóki (*Bonnemaisonia hamifera*) og hafkyrja (*Codium fragile*); fjögur krabbadýr, grjótkrabbi (*Cancer irroratus*), sandrækja (*Crangon crangon*), fitjafló (*Orchestia gamarellus*) og ögnin *Praunus flexuosus*; tvær samlokur, hjartaskel (*Cerastoderma edulis*) og sandskel (*Mya arenaria*); eitt möttuldýr, glærmöttull (*Ciona intestinalis*); og tvær tegundir fiska, flundra (*Platichthys flesus*) og græni marhnútur (*Taurulus bubalis*). Flestar þessara tegunda hafa líklega borist til landsins með kjölfestuvatni skipa eða sem ásætur á skipsskrokkum. Einnig er mögulegt að nokkrar hafi borist með sandi eða grjóti úr fjörum, sem notað var sem kjölfesta.

Líklegt er að flestar tegundanna hafi borist frá Evrópu. Hefur það verið staðfest um þrjár tegundir með erfðafræðilegum samanburði á einstaklingum við Ísland og einstaklingum sömu tegundar annars staðar í Norður-Atlantshafi. Grjótkrabbi er eina tegundin sem örugglega hefur borist hingað frá austurströnd Norður-Ameríku. Allar tegundirnar hafa tekið sér bólfestu á grunnsævi hér við land.

Flestra tegundanna varð fyrst vart á suðvesturhorni landsins, þar sem skipaumferð er hvað mest við landið og sjávarhiti hæstur. Almennt verður aðeins lítill hluti framandi lífvera ágengur. Af þeim framandi tegundum sem hafa tekið sér bólfestu í sjó við Ísland eru það helst sagþang, grjótkrabbi, sandrækja, glærmöttull og flundra sem talið er að séu ágengar eða gætu orðið það.

Inngangur

Á síðustu áratugum hefur flutningur sjávarlífvera langt út fyrir náttúruleg heimkynni aukist verulega á heimsvísu. Áætlað er að á hverjum degi séu um 10 þúsund tegundir á ferðinni milli hafsvæða með skipum. Við strendur Evrópu uppgötvast að meðaltali ein ný framandi tegund aðra eða þriðju hverju viku.[1,2] Skilgreining framandi tegundar hefur verið nokkuð á reiki. Í núverandi umfjöllun telst tegund framandi ef hún hefur flust til nýrra heimkynna af mannavöldum, viljandi eða óviljandi, og nær að lifa þar af og fjölga sér. Aðalflutningsleiðir framandi sjávarlífvera eru taldar vera með skipum, annaðhvort utan á skipsskrokknum eða í kjölfestuvatni, með lifandi[4] eldisdýrum, þá sérstaklega skeldýrum, sem flutt eru milli svæða, og með efnivið í skrautfiskaræktun sem sendur er milli heimsálfa.[3,4]

Langstærsti hópur aðfluttra tegunda eru botnlífverur, þ.e. botnþörungar og botndýr.[2] Egg, okfrumur, gró og ungstig (t.d. lirfur) botnlífvera berast líklega aðallega með kjölfestuvatni sem skip tekur á einum stað og losar á öðrum. Ætla má að fullorðinsstig margra aðfluttra tegunda berist áföst við skipskrokka, losni svo af á nýjum stað og taki sér þar bólfestu. Skeldýr og fiskar hafa öldum saman verið flutt lifandi til eldis um langan veg. Slíkir flutningar eru enn í gangi um allan heim. Eldisdýr geta borið sjúkdóma (sníkjudýr, bakteríur og veirur) og einnig ásætutegundir sem geta tekið sér bólfestu í nýjum heimkynnum og hugsanlega ógnað þar staðbundnu lífríki.[5]

Veðurfarsbreytingar sem rekja má til athafna mannsins valda því að norðurheimskautsísinn er umfangsminni á sumrin en áður og hafa greitt fyrir náttúrulegum flutningi sjávarlífvera úr Norður-Kyrrahafi yfir í Norður-Atlantshafið.[6,7] Manngerðir skurðir milli aðskilinna heimshafa, svo sem Súesskurðurinn, hafa einnig auðveldað flutning tegunda milli heimshafa.[8]

Aðeins brot af þeim lífverum sem berast þannig langt frá heimkynnum sínum lifir flutningana af og enn færri tegundir þrífast við þau lífsskilyrði sem eru til staðar á nýja staðnum.[9,10] Mörg dæmi eru þó um að aðfluttum tegundum vegni betur á nýja staðnum en í náttúrulegum heimkynnum sínum. Oftast er þá ekki að finna neina náttúrulega óvini sem hugsanlega gætu haldið tegundinni í skefjum á nýja staðnum[11] og geta aðfluttu tegundirnar þá orðið ágengar. Ágeng telst sú framandi lífvera sem veldur skaða í vistkerfi eða er skaðleg heilsufari manna eða veldur efnahagslegu tjóni (sbr. skilgreiningu Alþjóða-náttúruverndarsamtakanna, IUCN). Skaðinn getur verið smávægilegur en einnig mjög alvarlegur. Mörg ár, jafnvel áratugir, geta liðið þar til hægt er að meta áhrif aðfluttra tegunda á lífríkið.[9] Ekki verða allar framandi sjávarlífverur ágengar og er erfitt að spá fyrir um við hvaða aðstæður það gerist. Miklu skiptir magn innfluttra lífvera og hversu oft þær berast, einnig hvort hið nýja umhverfi er svipað því upprunalega, og hvort um náttúrulega óvini er að ræða í hinum nýju heimkynnum. Til að meta hvort líklegt sé að viðkomandi tegund verði ágeng getur verið gott að athuga hvernig tegundinni hefur vegnað annars staðar þar sem hún hefur verið flutt inn.

Í núverandi umfjöllun telst framandi tegund sem ekki er vitað hvort hafi áhrif á lífríkið, vera „mögulega ágeng“, ef hún hefur alla burði til að verða ágeng og á sér sögu um ágengni annars staðar frá.

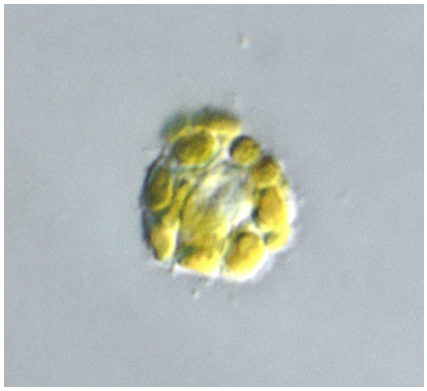
Á undanförnum áratugum hefur fundist fjöldi tegunda í strandsjónum við Ísland sem ekki voru þekktar hér áður.[12,13,14] Oft er erfitt að meta hvort um er að ræða nýja landnema eða hvort auknar rannsóknir valda því að fleiri tegundir finnast. Sé um að ræða nýja landnema getur einnig verið erfitt að segja til um hvort þeir hafa borist hingað með náttúrulegum hætti, t.d. í kjölfar breyttra umhverfisaðstæðna af náttúrulegum orsökum sem gera þeim kleift að nema land á nýjum slóðum, eða hafa borist hingað beint eða óbeint af mannavöldum. Við slíkt mat er gagnlegt að skoða útbreiðslusögu tegundanna, t.d. hvort þær eru upprunnar á fjarlægum hafsvæðum, og líklegt að þær hafi dreifst af mannavöldum.

Í þessari samantekt er fjallað um allar tegundir framandi sjávarlífvera sem fundist hafa í strandsjónum við Ísland og taldar eru hafa borist hingað af mannavöldum. Þessar tegundir hafa ýmist fundist hér ítrekað og/eða í miklu magni og teljast því hafa tekið sér bólfestu hér við land. Að því er virðist lifa flestar þessara framandi tegunda hér án þess að hafa neikvæð áhrif á lífverur sem fyrir eru. Sumar tegundirnar eru hins vegar ágengar eða gætu orðið það. Útbreiðslu tegundanna við landið er lýst, líklegum flutningsleiðum, og áhrifum á lífríkið. Til frekari fróðleiks er lesendum bent á ágætt yfirlit um framandi og ágengar tegundir í greinum sem birst hafa nýlega í Náttúrufræðingnum.[15,16]

Svifþörungar

Heterosigma akashiwo (Y. Hada) Y. Hada ex Y. Hara & M. Chihara

Í maí 1987 varð mikill laxadauði í eldiskvíum í Hvalfirði. Á sama tíma varð vart við blóma svifþörungsins *Heterosigma akashiwo* (1. mynd) og var talið að hann hefði valdið fiskadauðanum.[17] Þetta er í eina skiptið sem þessi tegund hefur fundist hér við land. Hugsanleg skýring er að tegundin hafi borist til landsins um þetta leyti, e.t.v. með kjölfestuvatni, skilyrði verið hagstæð fyrir hana þá og hún fjölgað sér mikið. Hún hafi síðan ekki lifað af þau skilyrði sem henni voru búin það sem eftir var ársins, eða lagst í dvala. *H. akashiwo* er algeng við strendur Evrópu og er ekki ólíklegt að hún geti blómstrað hér aftur.

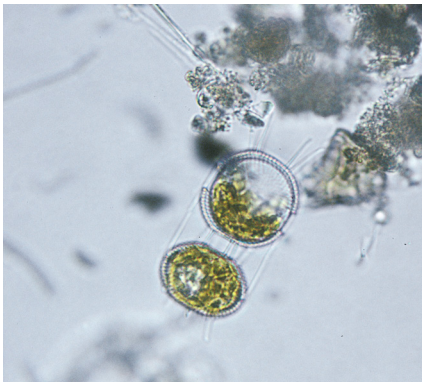


1. mynd. Svifþörungurinn Heterosigma akashiwo. *Ljósm./Photo: Wenche Eikrem og Jahn Throndsen.*

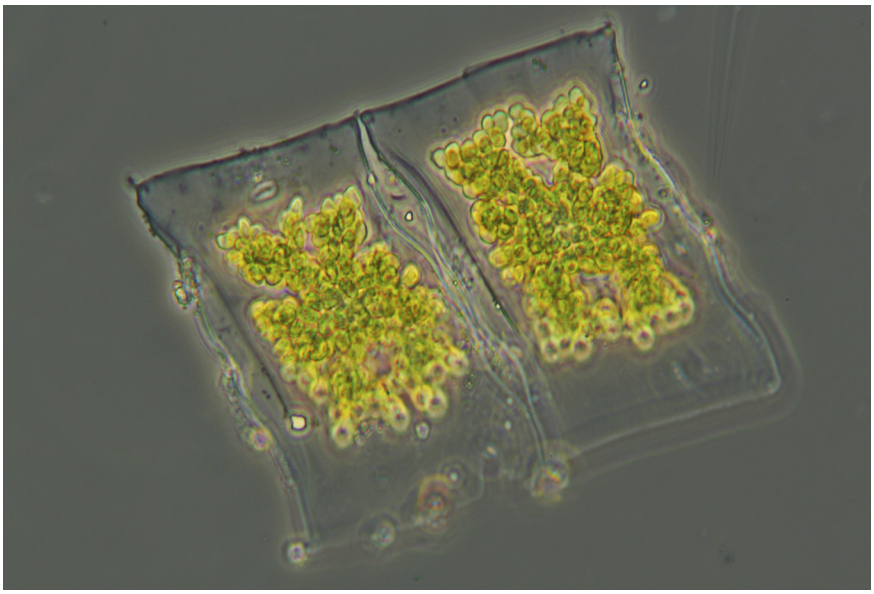
Tegundin barst sennilega af mannavöldum úr Kyrrahafi í Norður-Atlantshaf[18] þar sem hún hefur fundist víða og oft valdið tjóni í fisk- og skeldýraeldi. Hér á landi verður tegundin að teljast hafa verið ágeng.

Stephanopyxis turris (Greville & Arnott) Ralfs

Kísilþörungurinn *Stephanopyxis turris* (2. mynd) fannst fyrst hér við land sumarið 1997. Hann fannst í sýnum úr Hvalfirði.[19,20] Margar athuganir höfðu verið gerðar á svifþörungum í Hvalfirði og í Faxaflóa allt frá aldamótunum 1900 án þess að tegundin hefði fundist. Síðan tegundin fannst fyrst hefur hún oft fundist í Hvalfirði í þónokkrum þéttleika. Við teljum því líklegt að hún hafi borist inn á svæðið af mannavöldum skömmu áður en hún fannst þar fyrst. Á seinni árum hefur *S. turris* fundist víða í Faxaflóa og í Breiðafirði og hefur að öllum líkindum borist þangað úr Hvalfirði. Náttúruleg heimkynni tegundarinnar eru á strandsvæðum við Evrópu og við austurströnd Norður-Ameríku.



2. mynd. Svifþörungurinn Stephanopyxis turris. *Ljósm./Photo: Karl Gunnarsson.*



3. mynd. Svifþörungurinn Mediopyxis helysia. *Ljósm./Photo: Karl Gunnarsson.*

Mediopyxis helysia Kühn, Hargraves & Hallinger

Mediopyxis helysia (3. mynd) fannst fyrst við Ísland árið 2007 í Breiðafirði og hefur fundist þar í allmörg skipti síðan.[20] Tegundin fannst einnig í sýnum úr Tálknafirði frá árinu 2008 (Hafsteinn Guðfinnsson, munnl. uppl.) og í Hvalfirði fannst hún fyrst 2010.

Tegundin *M. helysia* er nýlega uppgötvuð. Hún fannst fyrst við austurströnd Norður-Ameríku árið 1996 og barst til Helgolands í Norðursjó árið 2002.[21] Á báðum þessum stöðum eru til samfelld gögn um svifþörunga marga áratugi aftur í tímann en tegundarinnar hafði aldrei orðið vart.[22,23] Það er talið næsta víst að hún hafi borist í Norður-Atlantshafið, hugsanlega með kjölfestuvatni, um það leyti sem hún fannst í fyrsta skipti. Það er hins vegar enn ráðgáta hvaðan hún barst þar sem hún hefur ekki fundist annars staðar, enn sem komið er.

Í Vaðhafi í Norður-Þýskalandi hefur *M. helysia* nú fest sig í sessi og hefur undanfarin ár vaxið upp í miklum þéttleika á sumrin. Hún hefur haft yfirhöndina í samkeppni við aðrar svifþörungategundir um næringu og ljós og við það hefur tegundafjölbreytni svifþörungasamfélagsins minnkað. *M. helysia* er því skilgreind þar sem ágeng tegund.[24]

Botnþörungar

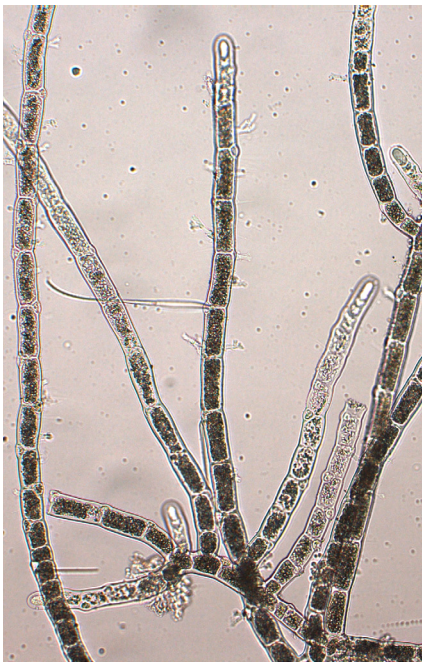
Sagþang, *Fucus serratus* Linnaeus

Sagþang (*Fucus serratus*) (4. mynd) er upprunnið við Atlantshafsstrendur Evrópu og barst að öllum líkindum til Íslands með mönnum. Fyrstu skráðu heimildir um sagþang á Íslandi eru frá því um aldamótin 1900, í Vestmannaeyjum og í Hafnarfirði.[25] Útbreiðslusvæði sagþangs nær nú frá Junkaragerði skammt sunnan við Hafnir á utanverðu Reykjanesi norður um og samfellt til Reykjavíkur. Sagþang vex einnig í Vestmannaeyjum. Annað samfellt fjörusvæði með sagþangi fannst nýlega í innanverðum Hvalfirði þar sem það hafði ekki vaxið áður. Erfðafræðilegar athuganir benda til að sagþang hafi borist til landsins frá Noregi, nánar tiltekið úr Óslóarfirði, fyrir nokkur hundruð árum, en fyrst orðið hér vart um aldamótin 1900, og síðan borist tiltölulega nýlega frá Íslandi til Færeyja.[26] Margt bendir til að sagþang hafi borist með skipum til landsins, einkum sú staðreynd að það fannst fyrst í námunda við hafnir. Sama er að segja um sagþang í Færeyjum. Þar finnst það eingöngu í innanverðum Trongisvágsfirði við stærstu höfn Suðureyjar.[27]

Blendingar sagþangs og skúfþangs (*Fucus distichus*) eru sérstaklega algengir á svæðum þar sem tegundirnar hafa lifað stutt í nábýli hvor við aðra, þ.e. önnur tegundin hefur flust inn á búsvæði hinnar.[28] Á Íslandi eru blendingar algengir, einkum í jaðri útbreiðslusvæðis sagþangs.[26]

Á upprunalegu útbreiðslusvæði tegundarinnar í Vestur-Evrópu er sagþang talið víkjandi í samkeppni við þang- og þarategundir sem það keppir við um vaxtarstaði.[29]

*4. mynd. Sagþang (*Fucus serratus*). Ljósm./Photo: Karl Gunnarsson.*



*5. mynd. Rauðflóki (*Bonnemaisonia hamifera*). Ljósm./Photo: Svanhildur Egilsdóttir.*

Athuganir hér á landi hafa hins vegar sýnt að þar sem sagþang hefur náð fótfestu verður það ríkjandi í neðri hluta fjörunnar og þangtegundir sem fyrir eru víkja.[30,31] Í því ljósi er sagþangið talin ágeng tegund.

Rauðflóki, *Bonnemaisonia hamifera* Hariot

Kyrrahafstegundin rauðflóki (*Bonnemaisonia hamifera*) fannst fyrst við strendur Evrópu í lok 19. aldar. Frá Evrópu barst tegundin til austurstrandar Norður-Ameríku þar sem hún fannst fyrst árið 1927.

Við Ísland fannst rauðflóki (5. mynd) fyrst á árunum milli 1964 og 1975. Tegundin fannst þá í Dýrafirði þar sem hún óx á skúfþangi (*Fucus distichus*).[32] Síðar, árið 2004, fannst þörungurinn einnig í Hvalfirði þar sem hann óx neðan fjöru á kóralþörungnum *Lithothamnion sp.*[33]

Í lífsferli rauðflóka eru tveir ættliðir, gróliður og kynliður, og eru þeir ólíkir útlits. Gróliðurinn er gerður úr fíngerðum, greinóttum þráðum sem ýmist eru skriðulir eða mynda litla skúfa, en kynliðurinn er stærri og myndar þykkari greinar. Einungis gróliðurinn hefur fundist hér við land. Rannsóknir hafa sýnt að gróliðir geta myndað gró ef hiti er hærri en 10°C þegar dagur er stuttur, þ.e. sól skín skemur en 12 tíma daglega.[34] Það hendir stöku sinnum hér við land að hitastig sjávar helst hærra en 10°C eftir haustjafndægur en sá hiti varir e.t.v. ekki nógu lengi til að plönturnar nái að fullþroska gró, þau spíri og upp vaxi kynliðir.

Víða í Norður-Atlantshafi þar sem rauðflóki hefur komið sér fyrir er hann algengur en hér við land er hann sjaldgæfur, a.m.k. ennþá, og getur því ekki talist ágengur.

Hafkyrja, *Codium fragile* (Suringar) Hariot

Grænþörungurinn hafkyrja (*Codium fragile*) (6. mynd) fannst fyrst við Ísland árið 1974 í Hvalfirði[35] og síðar einnig á Vatnsleysuströnd og við Hafnir á utanverðu Reykjanesi.[33] Í Hvalfirði og við Hafnir vex hafkyrja á hrúðurkörlum á grunnu vatni, neðan fjörunnar, en á Vatnsleysuströnd vex hún í fjörupollum, allra efst í fjörunni. Hafkyrja vex á vorin upp af þráðum eða þalbrotum sem hafa lifað af veturinn. Hún vex yfir sumarið og verða stærstu plöntur um 15 cm háar. Hafkyrja hverfur svo aftur sjónum að hausti en eftir verða þræðir á botninum sem nýjar plöntur spretta upp af næsta vor. Ekki hafa fundist æxlunarfæri á hafkyrju hér við land. Rannsóknir hafa sýnt að hafkyrja getur myndað æxlunarfæri ef hitastig sjávar er hærra en 12°C.[36] Hér við land verður sjávarhiti oft hærri í lok sumars inni á fjörðum suðvestan- og vestanlands.[37] Því gæti hafkyrja hugsanlega æxlast hér við land í heitum árum eða a.m.k. þroskað æxlunarfæri.

Talið er að hafkyrja hafi borist úr Kyrrahafi í Norður-Atlantshaf á 19. öld. Hafkyrja er mjög breytileg í lögun og benda rannsóknir til að líklega sé um að ræða tvær undirtegundir, *fragile* og *atlanticum*. Talið er að einungis undirtegundin *fragile* sé aðflutt úr Kyrrahafi og *atlanticum* hafi þróast við Atlantshafsstrendur Evrópu.[38]

Víða á útbreiðslusvæði sínu í Norður-Atlantshafi er hafkyrja ágeng. Hún hefur sums staðar náð miklum þéttleika og rutt burt innlendum tegundum. Einnig hefur hún valdið tjóni við sjávarnytjar, svo sem þar sem hún hefur tekið sér bólfestu á skelfiski.[39,40] Hér við land er hafkyrja hins vegar hvergi algeng. Rúm 40 ár eru liðin síðan hún fannst hér og hún er enn sjaldgæf. Hafkyrja getur því ekki talist ágeng nú um stundir, hvað sem verður í framtíðinni.

*6. mynd. Hafkyrja (*Codium fragile*). Ljósm./Photo: Svanhildur Egilsdóttir.*

Krabbadýr

Grjótkrabbi, *Cancer irroratus* Say, 1817

Grjótkrabbi (*Cancer irroratus*) (7. mynd) fannst fyrst hér við land árið 2006, í Hvalfirði.[41] Þetta var jafnframt fyrsti fundur tegundarinnar utan náttúrulegs útbreiðslusvæðis síns meðfram austurströnd Norður-Ameríku.[42] Þessi tiltölulega stóra krabbategund, með skjaldarbreidd allt að 15 cm, er talin hafa borist hingað með kjölfestuvatni.[41] Hærri sjávarhiti við Ísland á undanförnum áratugum[43] hefur hugsanlega auðveldað landnámið. Frá landnámi hefur grjótkrabbinn breiðst hratt út með vesturströnd landsins og norður fyrir land og hefur nú numið um 50% af strandlengju Íslands. Í hinu nýja búsvæði grjótkrabbans keppa fáar krabbategundir við hann um fæðu, aðallega bogkrabbi (*Carcinus maenas*) og trjónukrabbi (*Hyas araneus*). Þrátt fyrir að stutt sé liðið frá landnámi virðist grjótkrabbinn vera orðinn ráðandi tegund við suðvesturströnd landsins, hvort sem litið er til fullorðinna krabba eða lirfa í uppsjó, og hefur því tekið sér bólfestu hér við land.[41] Áætlaður þéttleiki grjótkrabba hefur verið metinn um 0,12 krabbar/m^2 á mjúkum botni,[44] sem er sambærilegur þéttleiki og í upprunalegum heimkynnum krabbans í Norður-Ameríku.[45]

Rannsóknir sem gerðar hafa verið á grjótkrabba sýna að erfðabreytileikinn er mikill við Ísland, svipaður og hann er í stofnum í Ameríku.[46,47] Enn er lítið vitað um áhrif grjótkrabba á botndýrafánu við Ísland. Sé tekið mið af stærð grjótkrabbans og ósérhæfðu fæðuvali er ljóst að hann er fær um að hafa marktæk áhrif á fjölda botndýrategunda með afráni, samkeppni um búsvæði eða í gegnum óbeina fæðuþrepsmögnun (e. *trophic cascade*).

Stærð og þéttleiki fullorðinna grjótkrabba, fundur kvendýra með egg og allra lirfustiga í svifi, mikill erfðabreytileiki og hröð útbreiðsla tegundarinnar með ströndum landsins benda til þess að hinn nýi stofn grjótkrabba sé heilbrigður og þrífist vel við Ísland. Miðað við núverandi vitneskju bendir margt til að grjótkrabbinn hafi burði til að verða að ágengri tegund hér við land. Engar beinar rannsóknir hafa þó enn farið fram á áhrifum krabbans á vistkerfi botnsins.

*7. mynd. Grjótkrabbi (*Cancer irroratus*). Ljósm./Photo: Óskar Sindri Gíslason.*

Sandrækja, *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758)

Sandrækja (*Crangon crangon)* (8. mynd) fannst fyrst við Ísland árið 2003 á Álftanesi.[48] Í ljósi fundar tegundarinnar á norðurheimskautssvæðum og tilfallandi fundar tegundarinnar við Ísland á seinni hluta 19. aldar[49,50] er áhugavert að landnáms skuli ekki hafa orðið vart fyrr. Náttúruleg heimkynni sandrækju eru við vesturströnd Evrópu, í Miðjarðarhafi og Svartahafi[50] og er hún oft í miklum þéttleika.[51] Frá landnámi hefur sandrækjan breiðst hratt með suður- og vesturströnd landsins og hefur að auki fundist við landið suðaustanvert.[48,52] Þar sem lirfustig sandrækju varir mjög stutt er ólíklegt að hún hafi borist yfir hafið með straumum. Í ljósi þess og útbreiðslusögu tegundarinnar hér við land er líklegast að hún hafi borist hingað með kjölfestuvatni.[48] Vistfræðileg áhrif sandrækju hér við land hafa ekki verið metin en þéttleiki hennar hefur verið mældur allt að 67 einstaklingar/m^2 [48] og hefur tegundin náð hér fótfestu. Sandrækjan er rándýr, virkust á nóttunni, og ræðst fæðuval af þéttleika aðgengilegrar fæðu.[53] Sandrækja er talin áhrifamikill afræningi skarkola-

*8. mynd. Sandrækja (*Crangon crangon*). Ljósm./Photo: Hans Hillewaert.*

seiða (*Pleuronectes platessa*) á uppeldissvæðum.[54,55,56] Skarkoli er verðmæt nytjategund við Ísland og er hugsanleg ágengni sandrækjunnar hér því sérstakt áhyggjuefni.

Fitjafló, *Orchestia gammarellus* (Pallas, 1766)

*9. mynd. Fitjafló (*Orchestia gammarellus*). Ljósm./Photo: Svanhildur Egilsdóttir.*

Fjörumarflóin fitjafló (*Orchestia gammarellus*) (9. mynd) fannst fyrst hér við land í Fossvogi árið 1968.[57] Síðan hefur hún fundist á allmörgum stöðum við Suður- og Suðvesturland og hefur meira eða minna samfellda útbreiðslu frá Vestmannaeyjum til Reykjavíkur. Seinna hefur fitjaflóin einnig fundist á nokkrum stöðum við Vestfirði en er þar bundin við heitar uppsprettur í fjörum.[58] Á hverasvæðunum nær tegundin fullum þroska á einu ári en það tekur hana tvö ár við Suðvesturland.[59] Egg og ungviði fitjaflóar þroskast á kvendýrinu og losna ekki fyrr en þau geta bjargað sér sjálf í fjörunni, en engin sviflæg lirfustig eru til staðar. Dreifingarmöguleikar tegundarinnar eru því takmarkaðir og er talið líklegt að hún hafi borist til landsins með skipum frá Evrópu, hugsanlega með sandi eða fjörugrjóti sem notað hefur verið sem kjölfesta. Náttúrulegt útbreiðslusvæði fitjaflóar er frá norðurströnd Afríku allt norður að Þrándheimi í Noregi og að Færeyjum en hún finnst einnig við Nova Scotia í Kanada.[60] Erfðarannsóknir benda til að stofnarnir við Ísland séu náskyldir innbyrðis og að þeir hafi borist tiltölulega nýlega frá Vestur-Evrópu.[60]

Praunus flexuosus (Müller, 1776)

Ögnin (Mysidacea) *Praunus flexuosus* (10. mynd) fannst fyrst hér við land árið 1970 í Skerjafirði við Reykjavík.[61] Tegundin er nú mjög algeng við Suðvesturland þar sem hún lifir innan um þang og þara í fjörunni eða á grunnu vatni. *P. flexuosus* finnst mjög oft með annarri algengri, innlendri ögn, *Mysis oculata*. Náttúruleg heimkynni *P. flexuosa* eru í Vestur-Evrópu, frá Svalbarða til Ermasundsstrandar Frakklands. *P. flexuosus* barst til austurstrandar Norður-Ameríku um miðja 20. öld, sennilega með skipum, og er talið líklegt að hún hafi borist hingað með sama hætti.[61] Tiltölulega litlar rannsóknir hafa farið fram á ögnum við Íslandi fyrir fund *P. flexuosus* og er því erfitt að álykta um hvenær hún barst uppphaflega til landsins og hvaðan.[62]

Samlokur

Sandskel, *Mya arenaria* Linnaeus, 1758

11. mynd. Sandskel (Mya arenaria*). Ljósm./Photo: Guðrún G. Þórarinsdóttir.*

Sandskel (*Mya arenaria*) (11. mynd) er algeng í Evrópu[63] og er talið hugsanlegt að hún hafi borist þangað af mannavöldum, á 13. öld, frá austurströnd Norður-Ameríku þar sem tegundin á náttúruleg heimkynni.[64] Fyrsti fundur sandskeljar við Ísland var í Hornafirði árið 1958[65] en skelin hefur fundist víða eftir það[66] og náð hér fótfestu. Sandskelin hefur að öllum líkindum borist til Íslands með kjölfestuvatni og þá líklega frá Evrópu. Erfitt er að greina áhrif landnáms sandskeljar við Ísland

10. mynd. Ögnin Praunus flexuosus*. Ljósm./Photo: Andreas Werth.*

á lífríkið en skelin er að öllum líkindum í samkeppni við aðrar skeljategundir á sömu svæðum um fæðu og pláss. Hún er þó í tiltölulega litlum þéttleika[66] og getur því varla talist ágeng hér við land, hvað sem verður í framtíðinni. Í Eystrasalti[67] og í Danmörku[68,69] er sandskel talin ágeng tegund og hefur valdið miklum breytingum á lífríki síðustu áratugina.

Hjartaskel, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758)

Hjartaskel (*Cerastoderma edule*) (12. mynd) er útbreidd víða í Norðaustur-Atlantshafi[63] en fannst fyrst við Ísland í Faxaflóa árið 1948.[65] Útbreiðslan hefur aukist mikið síðan en er þó bundin við Vesturland. Hjartaskel hefur líklegast borist til

12. mynd. Hjartaskel (Cerastoderma edule)*. Ljósm./Photo: Guðrún G. Þórarinsdóttir.*

landsins með kjölfestuvatni frá náttúrulegum heimkynnum sínum í Vestur-Evrópu. Erfitt er að meta áhrif tegundarinnar á lífríkið þar sem skelin finnst alltaf í tiltölulega litlum þéttleika og er því varla ágeng. Hún gæti þó verið í samkeppni við aðrar samlokur um fæðu og pláss, svo sem sandskel, kúfskel og krókskel.

Möttuldýr

Glærmöttull, *Ciona intestinalis* (Linnaeus, 1767)

Glærmöttull (*Ciona intestinalis*) (13. mynd) er eina framandi möttultegundin sem fundist hefur við Ísland. Hans varð fyrst vart í Straumsvík árið 2007.[70] Árið 2010 fannst tegundin síðan undir flotbryggjum í nokkrum höfnum á Suðvesturlandi. [71]

Glærmöttull er algeng ásæta á skipsskrokkum, bryggjum, baujum og eldiskvíum og er talinn hafa breiðst út með skipum fyrst og fremst. Glærmöttull finnst nú um allan heim, að Suðurskautslandinu undanskildu, og er talinn upprunninn í Norður-Atlantshafi en hefur flust til annarra heimshafa af mannavöldum.[72] Þar sem glærmöttull hefur numið land sem framandi tegund telst hann víðast hvar ágengur.[73,74] Glærmöttull hefur valdið skaða í skeljarækt, er í samkeppni við skelina um pláss og fæðu, hann er ásæta, bæði á skel og ræktunarútbúnaði, og hefur valdið miklu fjárhagslegu tjóni.

Lirfustig glærmöttuls varir mjög stutt og sest lirfan í nágrenni við foreldrana.[75] Hann hefur því að öllum líkindum borist til landsins sem ásæta á skipsskrokkum. Hann er sjaldgæfur hér við land, a.m.k. enn sem komið er, og getur því ekki talist ágengur en líklegt er að hann geti orðið það.

Fiskar

Flundra, *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758)

Flundra (*Platichthys flesus*) (14. mynd) hefur náttúrulegt útbreiðslusvæði í Norðaustur-Atlantshafi. Hún er algeng á grunnsævi við meginland Vestur-Evrópu og eins í Færeyjum.[76] Fyrsti skráði fundur flundru við Ísland var haustið 1999 í mynni Ölfusár[77] en síðan hefur hennar orðið vart víða. Nú finnst hún í sjó, ísöltu vatni og ferskvatni réttsælis frá sunnanverðum Austfjörðum til Skagafjarðar og hefur náð hér fótfestu.[78] Flundra hefur sennilega flust til Íslands af mannavöldum, með kjölfestuvatni. Sú flutningsleið er þekkt frá Bandaríkjunum þar sem flundran hefur einnig fundist.[79] Um áhrif flundru á íslenskt lífríki er lítið vitað en þó er ljóst að hún stundar afrán á laxfiskaseiðum og er í samkeppni um fæðu við laxfiska, ál og hornsíli.[80] Gæti tegundin því orðið ágeng við Ísland.

*13. mynd. Glærmöttull (*Ciona intestinalis*). Ljósm./Photo: Pálmi Dungal.*

Græni marhnútur, *Taurulus bubalis* (Euphrasen, 1786)

Græni marhnútur (*Taurulus bubalis*) (15. mynd) fannst fyrst hér við land árið 2005, við Vatnsleysuströnd. Árið eftir veiddust nokkrir fiskar í fjörupolli á Seltjarnarnesi,[81] meðal annars kynþroska hængur. Græni marhnútur er grunnsævisfiskur sem lifir fyrst og fremst í fjörum. Hann er um 10 cm að lengd, og eru náttúruleg heimkynni hans við Atlantshafsstrendur Vestur-Evrópu, í Eystrasalti og í Miðjarðarhafi vestanverðu. Í byrjun 20. aldar töldu

*14. mynd. Flundra (*Platichthys flesus*). Ljósm./Photo: Jónbjörn Pálsson.*

*15. mynd. Græni marhnútur (*Taurulus bubalis*). Ljósm./Photo: Jónbjörn Pálsson.*

danskir fiskifræðingar sig finna lirfur græna marhnúts víða úti fyrir Suður- og Vesturlandi[82] en við nánari skoðun kom í ljós að um var að ræða lirfur litla marhnúts (*Micrenophrys lilljeborgii*).[83,84] Talið er líklegt að græni marhnútur hafi borist nýlega hingað til lands með kjölfestuvatni (Jónbjörn Pálsson munnl. uppl.). Græni marhnútur er fremur sjaldgæfur og hefur einungis fundist við Suðvesturland. Hann telst ekki ágengur.

Umræða og ályktanir

Á síðustu áratugum hefur fjöldi framandi sjávarlífvera við Íslandsstrendur aukist til muna. Vart hefur orðið fimmtán tegunda sem tilheyra svifþörungum, botnþörungum, krabbadýrum, samlokum, möttuldýrum og fiskum, og hafa sjö þeirra fundist á síðustu tveimur áratugum (1. tafla).

Enn sem komið er hafa ekki verið gerðar miklar rannsóknir á áhrifum framandi tegunda í sjó á innlendar tegundir eða búsvæðið þar sem þær taka sér bólfestu. Rannsóknir hafa þó sýnt að sagþang og svifþörungurinn *Heterosigma akashiwo* eru eða hafa verið ágengar hér við land. Sagþang hefur orðið ríkjandi í sínu búsvæði og þangtegundir sem fyrir eru víkja,[30,31] en *H. akashiwo* olli miklum fiskidauða.[13] Um aðrar tegundir höfum við aðeins óbeinar vísbendingar eða engar. Þrjár þeirra, grjótkrabbi, sandrækja og flundra, eru hugsanlega þegar orðnar ágengar miðað við lifnaðarhætti þessara tegunda, útbreiðslu þeirra og hversu algengar þær eru orðnar. Hafkyrja, sandskel, glærmöttull og svifþörungategundin *Mediopyxis helysia* gætu orðið ágengar í framtíðinni þótt þær teljist það ekki nú. Þessar tegundir hafa orðið ágengar og jafnvel valdið skaða þar sem þær hafa numið land annars staðar í heiminum. Um aðrar tegundir vitum við lítið.

Flutningsleið flestra þessara tegunda hefur að öllum líkindum verið kjölfestuvatn. Um fjórar þeirra, þörungana sagþang, rauðskúf og hafkyrju og möttuldýrið glærmöttul, er þó líklegra að þær hafi borist sem ásætur á skipum, eða hugsanlega á kjölfestugrjóti í tilfelli sagþangs. Lítið er vitað með vissu um hvaðan tegundirnar bárust til landsins, en þó má ráða af útbreiðslu nokkurra þeirra hvaðan þær koma. Sandrækja, og hjartaskel lifa eingöngu við strendur Evrópu og hafa því borist þaðan. Hins vegar hafði grjótkrabbi einungis fundist við austurströnd Norður-Ameríku þar til hann

1. tafla. Framandi sjávarlífverur við Ísland. – Alien marine organisms in Icelandic waters.

Tegund *Species*	Fyrsti fundur *First recorded*	Líkleg flutningsleið *Probable pathway*	Ágeng *Invasive*	Heimildir *References*
Plöntusvif *(phytoplankton)*				
Heterosigma akashiwo	1987, SV-land	Skip – *Shipping*	Já – *Yes*	17
Stephanopyxis turris	1997, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No*	20
Mediopyxis helysia	2007, V-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No****	20
Botnþörungar (*macroalgae*)				
Fucus serratus	1900,* SV-land	Skip – *Shipping*	Já – *Yes*	25
Bonnemaisonia hamifera	1964–75,** V-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No*	32
Codium fragile	1974, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No****	35
Krabbadýr (*crustacea*)				
Cancer irroratus	2006, SV-land	Skip – *Shipping*	Mögulega – *Potentially*	41
Crangon crangon	2003, SV-land	Skip – *Shipping*	Mögulega – *Potentially*	48
Orchestia gammarellus	1968, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No*	57
Praunus flexuosus	1970, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No*	61
Lindýr (*mollusca*)				
Mya arenaria	1958, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No****	65
Cerastoderma edule	1948, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No*	65
Möttuldýr *(tunicata)*				
Ciona intestinalis	2007, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No****	70
Fiskar (*fish*)				
Platichthys flesus	1999, SV-land	Skip – *Shipping*	Mögulega – *Potentially*	77
Taurulus bubalis	2005, SV-land	Skip – *Shipping*	Nei – *No*	81

* Talið er að tegundin hafi verið flutt til landsins alllöngu fyrir 1900.[26]
** Ekki er getið um það í heimildinni hvenær á þessu tímabili tegundinni var safnað.[32]
*** Hefur orðið ágeng á öðrum hafsvæðum sem tegundin hefur verið flutt inn á.

fannst hér við land og hlýtur því að hafa borist hingað frá Ameríku. Sagþang og fitjafló lifa bæði við Evrópu og við vesturströnd Norður-Ameríku en erfðarannsóknir benda til að stofnarnir við Ísland séu upprunnir í Evrópu.[26,60] Hvaðan aðrar tegundir hafa borist er erfitt að meta. Flestra framandi tegundanna varð fyrst vart við suðvesturhluta landsins þar sem skipaumferð er hvað mest. Hækkandi sjávarhiti við Ísland á síðustu tuttugu árum hefur haft í för með sér breytingar á útbreiðslusvæðum innlendra tegunda.[14] og getur það einnig hafa auðveldað framandi tegundum að nema hér land, vaxa og dreifa sér. Ekki er ólíklegt að við strendur Íslands leynist fleiri framandi tegundir en hér er fjallað um og væri vel þegið að fá um það upplýsingar ef fólk verður vart slíkra tegunda. Á undanförnum árum hefur þekkingu á framandi og eða ágengum tegundum í Evrópu verið safnað í opna gagnagrunna á veraldarvefnum (sjá t.d. Nobanis, *www.nobanis.org*, DAISIE, *www.europe-aliens.org*, og AquaNIS, *www.corpi.ku.lt/databases/index.php/aquanis*). Gagnlegt getur verið að fylgjast þar með nýjum framandi tegundum og breytingum á útbreiðslu þeirra til að fá hugmynd um hvaða tegundir má búast við að nemi hér land.

Nokkur dæmi eru um að framandi sjávarlífverur hafi verið fluttar inn til eldis hér við land. Á seinni árum hefur yfirvöldum orðið ljósari sú hætta sem skapast getur af innflutningi framandi tegunda fyrir íslenskt lífríki. Innflutningsleyfi fyrir eldislífverur hefur því yfirleitt verið takmarkað við tegundir sem talið er að lítil hætta sé á að geti lifað í sjónum við Ísland. Hins vegar er alltaf hætta á að með framandi eldistegundum berist óæskilegar fylgitegundir sem ná fótfestu, og eru mörg dæmi um það annars staðar frá.

Nánast ómögulegt er að losna við ágengar sjávarlífverur eftir að þær hafa náð að setjast að. Það er einungis hægt ef gripið er í taumana strax eftir að tegundin berst, meðan útbreiðsla hennar er mjög lítil. Slíkar eyðingaraðgerðir hafa yfirleitt gífurlegan kostnað í för með sér.[85,86,87,88] Þar sem helstu flutningsleiðir framandi lífvera eru kunnar, og ljóst er að áhrif af landnámi sumra þeirra geta verið verulega neikvæð, liggur beinast við að grípa til fyrirbyggjandi aðgerða til að draga úr líkum á að þær berist hingað. Má segja að fyrsta skrefið sem stigið hafi verið í þá átt sé nýleg reglugerð um bann við losun kjölfestuvatns (rg. nr. 515/2010) til að varna innflutningi framandi tegunda með skipum. Væntanleg gildistaka nýrra náttúruverndarlaga mun einnig stuðla að aukinni varkárni við innflutning sjávarlífvera til landsins, ef hún verður að veruleika.

Líklega verður aldrei hægt að koma að öllu leyti í veg fyrir innflutning framandi sjávarlífvera til landsins. Skilningur á lífsferlum og lífsskilyrðum þessara tegunda þarf á hinn bóginn að vera til staðar til að hægt sé að meta möguleika þeirra á að lifa í íslenskri náttúru og hugsanleg áhrif þeirra á íslenskt lífríki.

Summary

Alien marine species in Icelandic waters

During recent decades fifteen introduced marine species have been recorded in Icelandic waters. Amongst them are six algal species, the phytoplankton species *Heterosigma akashiwo*, *Stephanopyxis turris*, and *Mediopyxis helysia*, the macroalgae *Bonnemaisonia hamifera*, *Codium fragile* and serrated wrack *Fucus serratus*; four crustaceans, the Atlantic rock crab *Cancer irroratus*, the European brown shrimp *Crangon crangon*, the amphipod *Orchestia gamarellus* and the mysid *Praunus flexuosus*; two molluscs, the Common cockle *Cerastoderma edule* and the Sand gaper *Mya arenaria*; the Sea vase tunicate *Ciona intestinalis*; and two species of fish, the European flounder *Platichthys flesus* and the Long-spined sea scorpion *Taurulus bubalis*. The majority of the species are likely to have been transported to Iceland with ships either as biofouling on the outside hull or in ballast water. Ballast stones or sand are proposed as a possible means of transport for some species.

Most of the introduced marine species in Iceland are likely originated in Europe, as has been confirmed for three of the species by genetic comparisons with populations elsewhere in the North Atlantic. The Atlantic rock crab is the only species that can be said with certainty to have been introduced from the Northwest Atlantic. All the introduced species have been found in littoral or shallow water habitats.

Most of the introduced species were first detected in south-western Iceland where the sea temperature is highest and the busiest harbours are located. In general only a small part of introduced species becomes invasive. Of the introduced marine species in Iceland *H. akashiwo*, the serrated wrack, Atlantic rock crab, European brown shrimp, the Sea vase tunicate, and the European flounder are considered invasive or potentially invasive.

Þakkir

Við þökkum fjölmörgum samstarfsmönnum á Hafrannsóknastofnun fyrir margvíslegar upplýsingar við skrif þessarar greinar, sem og Guðna Guðbergssyni, Magnúsi Jóhannssyni og Friðþjófi Árnasyni á Veiðimálastofnun. Halldóri Pálmari Halldórssyni þökkum við fyrir yfirlestur handrits og góðar ábendingar. Akira Kuwata, Alex Borbely, Andreas Werth, Hans Hillewaert, Jahn Throndsen, Jónbirni Pálssyni, Pálma Dungal, Svanhildi Egilsdóttur og Wenche Eikrem, þökkum við fyrir myndir sem prýða greinina.

Heimildir

1. Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E. & Geeves, W. 2003. Marine invasive alien species: A threat to global biodiversity. Marine Policy 27. 313–323.
2. Streftaris, N., Zenetos, A. & Papathanassiou, E. 2005. Globalisation in marine ecosystems: The story of non-indigenous marine species across European seas. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 43. 419–453.
3. Stachowicz, J.J., Fried, H., Osman, R.W. & Whitlatch, R.B. 2002. Biodiversity, invasion resistance, and marine ecosystem function: Reconciling pattern and process. Ecology 83. 2575–2590.
4. Padilla, D.K. & Williams, S.L. 2004. Beyond ballast water: aquarium and ornamental trades as sources of invasive species in aquatic ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment 2. 131–138.
5. Brenner, M., Fraser, D., Van Nieuwenhove, K., O'Beirn, F., Buck, B.H., Mazurié, J., Guðrún Þórarinsdóttir, Dolmer, P., Sanchez-Mata, A., Strand, O., Flimlin, G., Miossec, L. & Kamermans, P. 2014. Bivalve aquaculture transfers in Atlantic Europe. Part B: Environmental impacts of transfer activities. Ocean & Coastal Management 89. 139–146.
6. Reid, P.C., Johns, D.G., Edwards, M., Starr, M., Poulins, M. & Snoeijs P. 2007. A biological consequence of reducing Arctic ice cover: arrival of the Pacific diatom *Neodenticula seminae* in the North Atlantic for the first time in 800,000 years. Global Change Biology 13. 1910–1921.
7. Corbyn, Z. 2007. Atlantic invaders: The melting of Arctic sea ice is blurring the biological boundaries between Pacific and Atlantic. Nature reports – Climate Change 6. 82–84.
8. Galil, B.S. 2009. Taking stock: inventory of alien species in the Mediterranean sea. Biological Invasions 11. 359–372.
9. Crooks, J.A. & Soulé, M.E. 1999. Lag times of population explosions of invasive species: Causes and implications. Bls. 103–125 *í:* Invasive Species and Biodiversity Management (ritstj. Sandlund, O.T., Schei, P.J., & Viken, A.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Hollandi. 103–125.
10. Mack, R.N., Simberloff, D. & Lonsdale, W.M. 2000. Biotic invasions: Causes, epidemiology, global consequences, and control. Ecological Applications 10. 689–710.
11. Prior , K.M., Powel, T.H.Q., Joseph, A.L. & Hellmann, J.J. 2015. Insights from community ecology into the role of enemy release in causing invasion success: the importance of native enemy effects. Biological Invasions 17. 1283–1297.
12. Guðmundur Guðmundsson, Sigmar Arnar Steingrímsson & Guðmundur Víðir Helgason 1999. Rannsóknaverkefnið Botndýr á Íslandsmiðum. Náttúrufræðingurinn 69. 225–236.
13. Karl Gunnarsson & Svanhildur Egilsdóttir 2008. Botnþörungar í sjó við Ísland. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit 139. 25–28.
14. Héðinn Valdimarsson, Ólafur S. Ástþórsson & Jónbjörn Pálsson 2012. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. ICES Journal of Marine Science 69. 816–825.
15. Menja von Schmalensee 2010. Vágestir í vistkerfum – Fyrri hluti. Stiklað á stóru um framandi ágengar tegundir. Náttúrufræðingurinn 80 (1–2). 15–26.
16. Menja von Schmalensee 2010. Vágestir í vistkerfum – Seinni hluti. Framandi og ágengar tegundir á Íslandi. Náttúrufræðingurinn 80 (3–4). 84–102.
17. Guðrún G. Þórarinsdóttir & Þórunn Þórðardóttir 1997. Vágestir í plöntusvifinu. Náttúrufræðingurinn 67 (2). 67–76.
18. Connell, L. 2000. Nuclear ITS region of the alga *Heterosigma akashiwo* (Chromophyta: Raphidophyceae) is identical in isolates from Atlantic and Pacific basins. Marine Biology 136. 953–960.
19. Agnes Eydal 2003. Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði. Hafrannsóknastofnun. Fjölrit 94. 1-44.
20. Karl Gunnarsson, Agnes Eydal, Sólveig R. Ólafsdóttir & Erla B. Örnólfsdóttir 2011. Svifþörungarnir *Mediopyxis helysia* og *Stephanopyxis turris*; Nýjar viðbætur við svifið við Ísland. Hafrannsóknir 158. 42–47.
21. Kühn, S.F., Klein, G., Hallinger, H., Hargraves, P.E. & Medlin, L.K. 2006. A new diatom *Mediopyxis helysia* gen. nov. et sp. nov. (Mediophyceae) from the North Sea and Gulf of Main as determined from morphological and phylogenetic characteristics. Nova Hedwigia, Beiheft 130. 307–323.
22. Martin, J.L. & LeGresley, M.M. 2008. New phytoplankton species in the Bay of Fundy since 1995. ICES Journal of Marine Science 65 (5). 759–764.
23. Kraberg, A.C., Carstens, K., Peters, S., Tilly, K. & Wiltshire, K.H. 2012. The diatom *Mediopyxis helysia* Kühn, Hargraves & Hallinger 2006 at Helgoland Roads: a success story? Helgoland Marine Research 66. 463–468.
24. Meier, S., Muijsers, F., Beck, M., Badewien, T.H. & Hillebrand, H. 2015. Dominance of the non-indigenous diatom *Mediopyxis helysia* in Wadden Sea phytoplankton can be linked to broad tolerance to different Si and N supplies. Journal of Sea Research 95. 36-44.
25. Helgi Jónsson 1903. The marine algae of Iceland. Phaeophyceae. Botanisk Tidsskrift 25. 141–195.
26. Coyer, J.A., Hoarau, G., Skage, M., Stam, W.T. & Olsen, J.L. 2006. Origin of *Fucus serratus* (Heterokontophyta; Fucaceae) populations in Iceland and the Faroese: a microsatellite-based assessment. European Journal of Phycology 41 (2). 235–246.
27. Karl Gunnarsson 2005. „Taraskógvirnir eru einastu skógvir í Föroyum." Náttúrufræðingurinn 73 (1–2). 47–57.
28. Coyer, J.A., Hoarau, G., Stam, W.T. & Olsen, J.L. 2007. Hybridization and introgression in a mixed population of the intertidal seaweeds *Fucus evanescens* and *Fucus serratus*. Journal of Evolutionary Biology 20. 2322–2333.
29. Hawkins, S.J. & Harkin, E. 1985. Preliminary canopy removal experiment in algal dominated communities low in the shore and in the shallow subtidal on the Isle of Man. Botanica Marina 28. 223–230.
30. Karl Gunnarsson & Anton Galan 1990. Beltaskipting þörunga í skjólsælum klettafjörum og breytingar sem verða við náttúrulegt brottnám sagþangs (*Fucus serratus* L.). Bls. 81–89 *í:* Brunnur lifandi vatns. Afmælisrit til heiðurs Pétri Mikkel Jónasssyni prófessor sjötugum 18. júní 1990 (ritstj. Guðmundur Eggertsson, Guðmundur F. Guðmundsson, Ragnheiður Þorláksdóttir & Svavar Sigmundsson). Háskóli Íslands, Háskólaútgáfan, Reykjavík.
31. Agnar Ingólfsson 2008. The invasion of the intertidal canopy-forming alga *Fucus serratus* L. to south-western Iceland: Possible community effects. Estuarine and Coastal Shelf Science 77. 484–490.
32. Munda, I.M. 1978. Survey of the benthic algal vegetation of the Dýrafjörður, northwest Iceland. Nova Hedwigia 29. 281–403.
33. Karl Gunnarsson & Svanhildur Egilsdóttir 2010. Framandi tegundir botnþörunga í sjó við Ísland. Hafrannsóknir 152. 47–51.
34. Breeman, A.M., Meulenhoff, E.J.S. & Guiry, M.D. 1988. Life history regulation and phenology of the red alga *Bonnemaisonia hamifera*. Helgoländer Meeresuntersuchungen 42. 535–551.
35. Sigurður Jónsson & Karl Gunnarsson 1975. La présence de *Codium fragile* (Sur.) Hariot en Islande et son extension dans l'Atlantique Nord. Nova Hedwigia 16. 725–732.
36. Churchill, A.C. & Moeller, W. 1972. Seasonal patterns of reproduction in New York populations of *Codium fragile* (Sur.) Hariot subsp. *tomentosoides* (Van Goor) Silva. Journal of Phycology 8. 147–152.
37. Steingrímur Jónsson 1999. Temperature time series from Icelandic coastal stations. Rit Fiskideildar 16. 59–68.
38. Provan, J., Booth, D., Todd, N.P., Betty, G.E. & Maggs, C.A. 2008. Tracking biological invasion in space and time: elucidating the invasive history of the green alga *Codium fragile* using old DNA. Diversity and Distribution 14. 343–354.
39. Fralick, R.A. & Matthieson, A.C. 1973. Ecological studies of *Codium fragile* in New England, USA. Marine Biology 19. 127–132.
40. Carlton, I.T. & Scanlon, I.A. 1985. Progression and dispersal of an introduced alga: *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* (Chlorophyta) on the Atlantic coast of North America. Botanica Marina 28. 155–165.
41. Óskar Sindri Gíslason, Halldór P. Halldórsson, Marinó F. Pálsson, Snæbjörn Pálsson, Brynhildur Davíðsdóttir & Jörundur Svavarsson 2014. Invasion of the Atlantic rock crab (*Cancer irroratus*) at high latitudes. Biological Invasions 1–13. DOI 10.1007/s10530-013-0632-7.
42. Williams, A.B. 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United States, Maine to Florida. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 550 bls.
43. Ólafur S. Ástþórsson, Héðinn Valdimarsson, Ásta Guðmundsdóttir & Guðmundur J. Óskarsson 2012. Climate-related variations in the occurrence and distribution of mackerel (*Scomber scombrus*) in Icelandic waters. ICES Journal of Marine Science 69. 1289–1297.
44. Óskar Sindri Gíslason, Jónas P. Jónasson, Jörundur Svavarsson & Halldór P. Halldórsson 2013. Merkingar og þéttleikamat á grjótkrabba við Ísland. Náttúrufræðingurinn 83(1–2). 39–48.
45. Miller, R.J. 1989. Catchability of American lobsters (*Homarus americanus*) and rock crabs (*Cancer irroratus*) by traps. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 46. 1652–1657.
46. Óskar Sindri Gíslason, Jörundur Svavarsson, Halldór P. Halldórsson & Snæbjörn Pálsson 2013. Nuclear mitochondrial DNA (numt) in the Atlantic rock crab *Cancer irroratus* Say, 1817 (Decapoda, Cancridae). Crustaceana 86. 537–552.
47. Óskar Sindri Gíslason, Snæbjörn Pálsson, McKeown, N.J., Halldór P. Halldórsson, Shaw, P.W. & Jörundur Svavarsson 2013. Genetic variation in a newly established population of the Atlantic rock crab *Cancer irroratus* in Iceland. Marine Ecology Progress Series 494. 219–230.
48. Björn Gunnarsson, Þór H. Ásgeirsson & Agnar Ingólfsson 2007. The rapid colonization by *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758) (Eucarida, Caridea, Crangonidae) of Icelandic coastal waters. Crustaceana 80. 747–753.

49. Doflein, F. 1900. Die dekapoden Krebse der arktischen Meere. Fauna Arctica 1. 315–362.
50. Campos, J. & van der Veer, H.W. 2008. Autecology of *Crangon crangon* (L.) with an emphasis on latitudinal trends. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 46. 65–104.
51. Henderson, P.A. & Holmes, R.H.A. 1987. On the population biology of the common shrimp *Crangon crangon* (L.) (Crustacea: Caridea) in the Severn Estuary and Bristol Channel. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 67. 825–847.
52. Koberstein, M.J. 2013. Expansion of the brown shrimp *Crangon crangon* L. onto juvenile plaice *Pleuronectes platessa* L. nursery habitat in the Westfjords of Iceland. Meistaraprófs ritgerð, Háskólinn á Akureyri. 68 bls.
53. Ansell, A.D., Comely, C.A. & Robb, L. 1999. Distribution, movements and diet of macrocrustaceans on a Scottish sandy beach with particular reference to predation on juvenile fishes. Marine Ecology Progress Series 176. 115–130.
54. van der Veer, H.W., Feller, R.J., Weber, A. & Witte, J.I.J. 1998. Importance of predation by crustaceans upon bivalve spat in the intertidal zone of the Dutch Wadden Sea as revealed by immunological assays of gut contents. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 231. 139–157.
55. Oh, C.W., Hartnoll, R.G. & Nash, R.D.M. 2001. Feeding ecology of the common shrimp *Crangon crangon* in Port Erin Bay, Isle of Man, Irish Sea. Marine Ecology Progress Series 214. 211–223.
56. Wennhage, H. 2002. Vulnerability of newly settled plaice (*Pleuronectes platessa* L.) to predation: effects of habitat structure and predator functional response. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 269. 129–145.
57. Agnar Ingólfsson 1973. Ný fjörumarfló (*Orchestia gammarella* (Pallas)) fundin á Íslandi. Náttúrufræðingurinn 43 (3–4). 170–174.
58. Agnar Ingólfsson 1996. The distribution of intertidal macrofauna on the coasts of Iceland in relation to temperature. Sarsia 81. 29–44.
59. Agnar Ingólfsson, Ólafur Patrick Ólafsson & Morritt, D. 2007. Reproduction and life-cycle of the beachflea (*Orchestia gammarellus* (Pallas) (Crustacea: Amphipoda) at thermal and non-thermal sites in the intertidal of Iceland: how important is temperature? Marine Biology 150. 1333–1343.
60. Henzler, C.M. & Agnar Ingólfsson 2008. The biogeography of the beachflea, *Orchestia gammarellus* (Crustaceae, Amphipoda, Talitridae), in the North Atlantic with special reference to Iceland: a morphometric and genetic study. Zoologica Scripta 37. 57–70.
61. Ólafur S. Ástþórsson 1987. Records and life history of *Praunus flexuosus* (Crustacea: Mysidacea) in Icelandic waters. Journal of Plankton Research 9 (5). 955–964.
62. Agnar Ingólfsson 2006. The intertidal seashore of Iceland and its animal community. Zoology of Iceland I, 7. 85 bls.
63. Poppe, G.T. & Goto, Y. 1993. European Seashells: 2. Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden. 221 bls.
64. Petersen, K.S., Rasmussen, K.L., Heinumeier, J. & Rud, N. 1992. Clams before Columbus? Nature 359. 679.
65. Ingimar Óskarsson 1960. Nýjungar um íslensk lindýr. Náttúrufræðingurinn 30. 176–187.
66. Guðrún G. Þórarinsdóttir, Magnús F. Ólafsson & Þórður Örn Kristjánsson 2007. Lostætur landnemi. Náttúrufræðingurinn 75(1). 34–40.
67. Obolewski, K. & Piesik, Z. 2005. *Mya arenaria* (L.) in the Polish Baltic Sea coast. Baltic Coastal Zone 9. 13–27.
68. Christiansen, T., Christensen, J.T., Markager, S.S., Petersen, J.K. & Mouritsen, L.T. 2006. Limfjorden i 100 år. Klima, hydrografi, næringsstoftilførsel, bundfauna og fisk i Limfjorden fra 1897 til 2003. A report from DMU 578. 85 bls.
69. Petersen, K.J., Hansen, J.W., Laursen, M.B., Clausen, P., Carstensen, J. & Conley, D.J. 2008. Regime shift in coastal marine ecosystem. Ecological Application 18 (2). 497–510.
70. Jörundur Svavarsson & Pálmi Dungal 2008. Leyndardómar sjávarins við Ísland. Glóð, Reykjavík. 167 bls.
71. Arnar Björnsson 2011. Tegundasamsetning botndýra á hörðum botni í höfnum á Suðvesturlandi. Háskóli Íslands, Reykjavík. 19 bls.
72. Dybern, B.I. 1967. The distribution and salinity tolerance of *Ciona intestinalis* (L.) f. *typica* with special reference to the waters around southern Scandinavia. Ophelia 4. 207–226.
73. Carman, M.R., Morris, J.A., Karney, R.C. & Grunden, D.W. 2010. An initial assessment of native and invasive tunicates in shellfish aquaculture of the North American east coast. Journal of Applied Ichtyology 26(2). 8–11.
74. Blum, J.C., Chang, A.L., Liljesthröm, M., Schenk, M,E., Steinberg, M.K. & Ruiz, G.M. 2007. The non-native solitary ascidian *Ciona intestinalis* (L.) depresses species richness. Journal of Experimental Marine Biology & Ecology 342. 5–14.
75. Howes, S., Herbinger, C.M., Darnell, P. & Vercaemer, B. 2007. Spatial and temporal patterns of recruitment of the tunicate *Ciona intestinalis* on a mussel farm in Nova Scotia, Canada. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 342. 85–92.
76. Muus, B.J., Nielsen, J.G., Dahlström, P. & Nyström, B.O. 1998. Havfisk og fiskeri i Nordvesteuropa. 5. útg. Gads forlag. 338 bls.
77. Gunnar Jónsson, Jónbjörn Pálsson & Magnús Jóhannsson 2001. Ný fisktegund, flundra *Platichtys flesus* (Linnaeus, 1758) veiðist á Íslandsmiðum. Náttúrufræðingurinn 70 (2–3). 83–89.
78. Guðmundur I. Guðbrandsson & Bjarni Jónsson 2004. Landnám, útbreiðsla og búsvæðaval nýrrar tegundar við Íslandsstrendur, ósaflundru (*Platichthys flesus*). Veggspjald á afmælisráðstefnu Líffræðifélags Íslands og Líffræðistofnunar HÍ, Reykjavík 19.–20. nóvember 2004.
79. Welcomme, R.L. 1988. International introductions of inland aquatic species. FAO Fisheries Technical Paper 294. 318 bls.
80. Magnús Jóhannsson & Benóný Jónsson 2007. Flundra í íslenskum vatnakerfum. Sportveiðiblaðið 97. 1–2.
81. Jónbjörn Pálsson 2007. Sjaldgæfir fiskar á Íslandsmiðum 2006. *Ægir* 100 (6). 12–14.
82. Schmidt, J. 1904. Fiskeriundersøgelser ved Island og Færøerne i Sommeren 1903. Meddelelser fra Kommission for Havundersøgelser. Serie: Fiskeri 1. 148 bls.
83. Bruun, A.F. 1941. Observations on North Atlantic fishes. Videnskabelige Meddelelser fra Dansk naturhistorisk Forening i København 104. 223–240.
84. Bjarni Sæmundsson 1949. Marine pisces. Zoology of Iceland IV (72). 150 bls.
85. Culver, C.S. & Kuris, A.M. 2000. An apparent eradication of a locally established introduced marine pest. Biological Invations 2. 245–253.
86. Bax, N., Hayes, K., Marshall, A., Parry, A. & Thresher, R. 2002. Man-made marinas as sheltered islands for alien marine organisms: establishment and eradication of an alien invasive marine species. Bls. 26–39 *í*: Turning the tide: the eradication of invasive species (ritstj. Veitch, C.R. & Clout, N.M.). IUCN SSC Invasive Species Specialist Group, IUCN. Gland, Switzerland / Cambridge, UK / Aukland, New Zealand.
87. Miller, A.W., Chang, A.L., Cosentino-Manning, N. & Ruiz, G.M. 2004. A new record of the northern Atlantic algae *Ascophyllum nodosum* (Phaeophyceae) from San Francisco Bay, California, USA. Journal of Phycology 40. 1028–1031.
88. Hopkins, G.A., Forrest, B.A., Jiang, W. & Gardner, J.P.A. 2011. Successful eradication of a non-indigenous marine bivalve from subtidal soft-sediment environment. Journal of Applied Ecology 48. 424–431.

Um höfundana

Karl Gunnarsson (f. 1950) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1974 og doktorsprófi frá Parísarháskóla 1990. Karl starfar á Hafrannsóknastofnun.

Guðrún G. Þórarinsdóttir (f. 1952) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1981, cand. scient-prófi í sjávarvistfræði frá Háskólanum í Árósum 1987 og doktorsprófi (Ph.D.) frá sama skóla 1993. Guðrún starfar á Hafrannsóknastofnun.

Óskar Sindri Gíslason (f. 1984) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 2007 og MS-prófi 2010. Hann lauk doktorsprófi við sama skóla 2015. Sindri starfar nú sem forstöðumaður Náttúrustofu Suðurnesja í Sandgerði.

Póst- og netföng höfunda/Authors' addresses

Karl Gunnarsson
Hafrannsóknastofnun
Skúlagötu 4
Pósthólf 1390
121 Reykjavík
karl@hafro.is

Guðrún G. Þórarinsdóttir
Hafrannsóknastofnun
Skúlagötu 4
Pósthólf 1390
121 Reykjavík
gutho@hafro.is

Óskar Sindri Gíslason
Náttúrustofa
Suðurnesja
Garðvegi 1
245 Sandgerði
sindri@natturustofa.is