



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Rusl á hafsbotni við Ísland: Samantekt á skráningu rusls við kortlagningu búsvæða á hafsbotni 2004-2019

Petrún Sigurðardóttir og Steinunn H. Ólafsdóttir

Rusl á hafsbotni við Ísland: Samantekt á skráningu rusls við kortlagningu búsvæða á hafsbotni 2004-2019

Petrún Sigurðardóttir og Steinunn H. Ólafsdóttir



Upplýsingablað

Titill: Rusl á hafsbotni við Ísland: Samantekt á skráningu rusls við kortlagningu búsvæða á hafsbotni 2004-2019

Höfundur: Petrún Sigurðardóttir og Steinunn H. Ólafsdóttir

Skýrsla nr: HV 2022-34	Verkefnisstjóri: Petrún Sigurðardóttir	Verknúmer: 9224
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 30	Útgáfudagur: 13. september 2022
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: Opið	Yfirlifið af: Ingibjörg G. Jónsdóttir

Ágrip

Hingað til hefur lítið verið vitað um örlög rusls í hafinu við Ísland en algengt er að sjá rusl á ströndum landsins og oft kemur rusl upp með veiðarfærum. Í þessari skýrslu er farið yfir dreifingu rusls sem hefur fundist á myndefni af hafsbotni sem var tekið fyrir verkefnid Kortlagning búsvæða á hafsbotni á ýmsum svæðum í kringum landið.

Rusl fannst á 15 af 21 svæði, eða 22% sniða (72 af 325). Samtals fundust 307 ruslaeiningar og var uppreiknaður meðalþéttleiki 872 ruslaeiningar km⁻². Langalgengastar voru fiskilínur og voru flestar þeirra á Reykjaneshrygg, eða 151 einingar með þéttleika upp á 5.096 ruslaeiningar km⁻². Áberandi var að línur og trollnet fyndust flæktað við eða innan um kóral og steina. Línur og trollnet geta skemmti viðkvæm búsvæði eins og kóralbreiður sem geta verið mjög lengi að jafna sig eftir skemmdir þar sem kóralar eru hægvaxta. Hlutfallslega lítið sást af almennu rusli (18 einingar). Mest af ruslinu var einhverskonar plast. Flest nútíma veiðarfæri eru auk þess gerð úr sterkum plastefnum sem taka afar langan tíma að brotna niður. Því mun magn rusls á hafsbotni að mestum líkindum aukast með tímanum.

Mikilvægt er að reyna að takamarka það magn rusls sem endar í hafinu og passa upp á viðkvæm búsvæði svo eyðilegging af mannavöldum verði ekki meiri en raun ber vitni. Enn er lítið vitað um örlög og áhrif rusls í hafinu og því mikilvægt að stunda frekari rannsóknir á því hvar rusl safnast saman og hvernig það hefur áhrif á vistkerfi í hafinu ásamt því að skoða samspil veiðiálags og rusls á hafsbotni.

Abstract

So far, knowledge is limited on the distribution and abundance of marine litter in the ocean around Iceland although litter is common on beaches around the country and as bycatch from trawls. This report describes the distribution of seafloor litter that was found using underwater imagery from the seafloor around Iceland. The videos and images were originally gathered for the project Benthic habitat mapping of the seafloor.

Litter was found in 15 of 21 areas, or in 22% of stations (72 of 325). In total, 307 litter items were found and the calculated average density of litter was 872 litter items km⁻². Longlines were by far the most common litter item. Most of them were found on Reykjaneshryggur; 151 items with a density of 5.096 items km⁻². Longlines and trawl nets were commonly tangled with corals and rocks. Both litter items can destroy vulnerable ecosystems like coral reefs that may take long to recover since they grow very slowly. A low proportion of the litter was common litter (18 items). Most of the litter was plastic. Moreover, a lot of modern fishing gear is made from very strong plastic that takes an extremely long time to degrade. Consequently, the amount of litter on the seafloor will only increase.

In conclusion, it is important to try to limit the amount of litter that winds up in the ocean and protect vulnerable ecosystems so that anthropogenic destruction will not be more than we already see. Still, little is known about the influence of marine litter on the marine ecosystem. Therefore, it is important to continue to research where marine litter gathers and how it affects marine ecosystems as well as exploring how different fishing gear affects the abundance of seafloor litter.

Lykilorð: rusl, sjávarrusl, rusl í hafinu, plast í hafinu, plast, marine litter, litter, plastic litter, ROV, Campod, kortlagning búsvæða, kortlagning búsvæða á hafsbotni, neðansjávarmyndir

Undirskrift verkefnisstjóra:

Petrún Sigurðardóttir

Undirskrift sviðsstjóra:

Harpa Þrástardóttir

Efnisyfirlit	Bls.
Töfluskrá.....	i
Myndaskrá.....	ii
Inngangur	1
Aðferðir	3
Rannsóknasvæði.....	3
Búnaður og rannsóknasnið	5
Myndgreining	6
Úrvinnsla	7
Niðurstöður	8
Magn og þéttleiki rusls	8
Samsetning rusls.....	12
Veiðarfæri.....	12
Almennt rusl	17
Umræður.....	23
Þakkarorð	27
Heimildir	27

Töfluskrá

Tafla 1. Upplýsingar um leiðangra og svæðin sem skoðuð hafa verið. Svæði þar sem rusl fannst eru feitletruð.	5
Tafla 2. Flokkar og hópar rusls sem eru notaðir til að greina rusl á Hafrannsóknastofnun.....	7
Tafla 3. Tegundir af rusli sem fannst, fjöldi og hlutfall (%) af heildarrusli.	8
Tafla 4. Metinn fjöldi ruslaeininga km^{-2} á árunum 2010-2019 ásamt samantekt á fjölda sniða, heildarlengd, svæði myndað og fjölda ruslaeininga á hverju svæði.	11

Myndaskrá

1. mynd. Plastumbúðir sem veiddust í botnveiðarfæri í vorralli Hafrannsóknastofnunar vorið 2021. Pakkningin er merkt með best fyrir dagsetningu í janúar árið 2001 og gæti hún hafa verið í hafinu í allt að two áratugi þegar hún fannst.....	2
2. mynd. Leiðangrar sem hafa verið farnir til að kortleggja búsvæði við landið. Gráu línurnar eru dýptarlínur fyrir 100, 200 og 500 m dýpi. Bláu hyrningarnir afmarka svæðin sem voru athuguð í úrvinnslu.....	4
3. mynd. Dæmi um ferla eftir A) ROV og B) þrifót. Stærðarskali er í hægra efra horni á hvorri mynd fyrir sig og bláu línurnar eru dýptarlínur.....	5
4. mynd. Skjáskot úr Hafmynd sem sýnir plastfilmu á hafsbottni sem hefur verið merkt ásamt lífverum sem hanga á því (rauðir punktar). Rauðu línurnar skipta myndinni niður í minni svæði til að auðvelda úrvinnslu á myndunum.	6
5. mynd. Fjöldi ruslaeininga í kringum landið á árunum 2010-2019. Stærð punkta segir til um fjölda ruslaeininga á hverju sniði. Gráu línurnar eru dýptarlínur fyrir 100, 200 og 500 m dýpi. Bláu línurnar sýna svæðin sem voru athuguð.....	9
6. mynd. Péttleiki rusls eftir svæðum á árunum 2010-2019 (ruslaeiningar km ⁻²). Opnir hringir eru svæði sem höfðu ekkert rusl.	10
7. mynd. A) Dreifing lína sem hafa fundist í kringum landið. B) Dæmi um línu sem hefur festi á milli steina á 200 m dýpi á Reykjaneshrygg. C) Lína strekkt innan um postulínskóral (<i>Desmophyllum pertusum</i>) og rískóral (<i>Primnoa resedaeformis</i>) á 436 m dýpi í Lónsdjúpi. D) Lína sem fannst í kringum kórala í Háfadjúpi árið 2012 þakin möttuldýrum, hveldýrum (<i>Hydrozoa</i>), mosadýrum (<i>Bryozoa</i>), svömpum (<i>Porifera</i>), sæfíflí (<i>Actinatia</i>) og burstaormum (<i>Polychaeta</i>) og hefur sennilega verið þarna í langan tíma.....	13
8. mynd. A) Dreifing trollneta. B) Net flækt í kóralrifi, myndað árið 2009 í Skeiðarárdjúpi á 243 m dýpi. Á og við netið eru mosadýr, hveldýr, marflækja (<i>Gorgonocephalus spp.</i>), rækja (<i>Caridea sp.</i>) og karfi (<i>Sebastes sp.</i>). C) Net sem fannst árið 2004 í Skaftárdjúpi flækt við kóral á 250 m dýpi. Á netinu voru ægisdrekkur (<i>Acesta excavata</i>), burstaormar, möttuldýr, mosadýr, armfætlur (<i>Brachiopoda</i>), krossfiskar (<i>Asteroidea</i>) og sæliljur (<i>Crinoidea</i>). All í kring er brotinn kórall.	14
9. mynd. A) Dreifing víra, reipa og bandspotta. B) Vír sem fannst árið 2010 í Lónsdjúpi á 267 m dýpi þakin Freyjudjásni (<i>Brisingidae spp.</i>) á annars tómlegu seti. C) Dæmi um bandspotta í Háfadjúpi á 618 m dýpi, þakinn sæliljum og nálægt sæfíflí og liðormum (<i>Bonellia viridis</i>). D) Vöndull af reipi sem gæti líka verið lína í Lónsdjúpi á 270 m dýpi árið 2009.	15
10. mynd. A) Staðsetningar annars fiskveiðibúnaðar. B) Hlutur sem lítur út eins og lagnet eða fiskilína á Reykjaneshrygg á 224 m dýpi sem er þakið seti og ýmsum lífverum, svo sem armfætlum, slöngustjörnum (<i>Ophiuroidea</i>), og möttuldýrum. C) Önglar í Skeiðarárdjúpi. D) Svört leiðsla með bandflækju á Reykjaneshrygg.....	16
11. mynd. A) Staðsetningar þar sem áldósir fundust. B) Lítill (330 ml) Faxe condi dós í Jökuldjúpi á 220 m dýpi árið 2017 innan um ýmsa svampa og möttuldýr. C) Stór (500 ml) Pepsi dós á beru seti í Háfadjúpi á 300-400 m dýpi árið 2016.	18

12. mynd. A) Staðsetningar annarra málma. B) SHELL smurningahylki sem fannst undir steinkóral og sæliljum árið 2012 í Háfadjúpi á 550 m dýpi. C) Spreybrúsalegur hlutur á 270 m dýpi í Lónsdjúpi árið 2009.....	18
13. mynd. A) Dreifing plastrusls. B) Þykk plastfilma sem fannst árið 2019 á 353 m dýpi á Reykjaneshrygg með áföstum samlokum (Bivalvia), möttuldýrum og burstaormum. C) Plastpoki á 615 m dýpi í Háfadjúpi árið 2012 sem er orðinn búsvæði fyrir slöngustjörnur og burstaorma. Einnig sjást sæfjaðrir nálægt pokanum. D) Þykk plastfilma í Háfadjúpi á 830 m dýpi árið 2016 með áföstum ógreinanlegum lífverum. E) Rautt plaststykki á 417 m dýpi í Háfadjúpi árið 2019.	20
14. mynd. A) Dreifing bylgjupappa. Dæmi um bylgjupappa sem fannst árið 2012 í Háfadjúpi B) á rúmlega 500 m dýpi ofan á stein í kringum sæfífil og glókóral (<i>Madrepora oculata</i>), C) nálægt bambuskóral (<i>Acanella arbuscula</i>) og sæfjöðrum (<i>Pennatulacea</i>) á seti á 600 m dýpi, og D) nálægt sæfjöður, krömdum bambuskóral og ígulkeri á 600 m dýpi.	21
15. mynd. Staðsetning flutningabrettisins í Jökuldjúpi ásamt skjáskoti úr myndbandi sem sýnir brettið á 330 m dýpi.	22
16. mynd. A) Dreifing annars rusls. B) Mótur fannst í Jökuldjúpi á 340 m dýpi árið 2017. C) Ógreinanlegt rusl sem fannst meðal kórala, svampa og möttuldýra í Breiðamerkurdjúpi árið 2019.	22

Inngangur

Rusl í hafinu fór að valda áhyggjum á áttunda áratugnum en fékk þá litla athygli (Ryan, 2015). Það var ekki fyrr en upp úr síðustu aldamótum sem hættunni var tekið af alvöru en í dag er orðið ljóst að mikið magn af rusli endar í hafinu og að manngert rusl er vaxandi vandamál (Goldberg, 1997; Andrade, 2011). Enginn staður er öruggur enda finnst rusl alls staðar í sjónum, meðal annars í hafís á Norðurpólnum (Obbard o.fl., 2014) og á mesta hafdýpi jarðar á tæplega 11 km dýpi í Marianadjúpá (Chiba o.fl., 2018). Í kringum 80% af rusli í hafinu kemur frá starfsemi á landi og 20% tengist starfsemi á sjó eins og sjávarútvegi, skipaflutningum, skemmtiferðaskipum o.fl. (Li o.fl., 2016). Um það bil helmingur ruslsins sem tengist starfsemi á sjó kemur frá sjávarútvegi (FAO, 2010). Alþjóðlegu náttúruverndarsamtökin (IUCN) hafa metið að 80% af öllu rusli í hafinu sé plast og að 14 milljón tonn, eða allt að 10% af öllu plastrusli, endi í hafinu á hverju ári (Thompson, 2007; IUCN, 2021).

Þar sem rusl í hafinu er orðið svo algengt hafa rannsóknir undanfarinna ára beinst að því hvernig ruslið dreifist í hafinu og áhrifum þess á vistkerfi sjávar (Pham o.fl., 2014). Mikið af plasti sem endar í hafinu flýtur um, jafnvel langar vegalengdir (PAME, 2021), og lítur út eins og fæða fyrir mörg dýr. Algengt er að sjávarfuglar eins og fýlar (*Fulmarus glacialis*) éti plast (Cadée, 2002) og finnst það oft í magainnihaldi þeirra (Mallory, 2008; Van Franeker o.fl., 2009; Trevail o.fl., 2015), þar á meðal á Íslandi þar sem allt að 84% af íslenskum fyl hefur innbyrt plast (Kühn og van Franeker, 2012; Trevail o.fl., 2014; Aðalsteinn Örn Snæþórsson, 2019). Talið er að megnið af rusli í hafinu sökkvi niður á hafssbotn þar sem það getur haft áhrif á tegundasamsetningu lífvera á botninum og þannig breytt samskiptum tegunda á svæðinu (Katsanevakis o.fl., 2007). Einnig getur létt rusl sem færst auðveldlega með hafstraumum eins og plastfilmur eða plastpokar flutt með sér lífverur á ný svæði (Barnes, 2002). Slíkir flutningar geta breytt tegundasamsetningum og valdið aukinni samkeppni sem væri annars ekki til staðar. Stundum þekja plastfilmur eða -pokar einnig setið sem getur valdið því að setið verði súrefnissnautt, frumframleiðni minnkar, minna verður af lífrænum efnaleifum og lífverum fækkar (Green o.fl., 2015).

Lítið er vitað um niðurbrot plasts á hafssbotni en sumar gerðir af plasti geta tekið mörg hundruð ár að brotna niður í jarðvegi (Pramila og Ramesh, 2011; Chamas o.fl., 2020). Útfjólublátt ljós (UV) og hátt hitastig flýtir almennt fyrir niðurbroti plasts, en í sjó er ferlið lengra þar sem útfjólublá geislun er lítil sem engin og hitastig töluvert lægra en á landi (Chamas o.fl., 2020). Rannsóknir benda þó til þess að bakteríur á hafssbotni geti brotið niður einhverjar plastagnir

(Zettler o.fl., 2013). Niðurbrot plasts leiðir til smærri og smærri eininga og verður að lokum örplast (<5 mm) sem getur endað í fæðuhringnum og valdið bólgu, hamlað fæðunámi og haft áhrif á innkirtlastarfsemi lífveranna sem innbyrða það (Wright, Rowe, o.fl., 2013; Wright, Thompson, o.fl., 2013; Cole o.fl., 2015; Reichert o.fl., 2018). Einnig eru oft aukaefni í plasti eins og þalöt (e. Pthalates), fjöllklóruð bífenýlsambönd (e. Polychlorinated biphenyls eða PCB) og bisfenól A (BPA) sem geta sömuleiðis mengað umhverfið og haft áhrif á þroska og hormónastarfsemi ýmissa lífvera ásamt því að framkalla genagalla (Oehlmann o.fl., 2009; Teuten o.fl., 2009; Rochman o.fl., 2014; Chen o.fl., 2015).

Í raun er ennþá lítið vitað um dreifingu og áhrif rusls í hafinu í kringum Ísland en rannsóknir hafa hins vegar aukist nýlega (Dippo, 2012; Valtýr Sigurðsson og Pétur Halldórsson, 2019; Hlynur Stefánsson o.fl., 2021). Til dæmis hefur fundist örplast í vefjasýnum í allt að 50% af krækling (*Mytilus edulis*) meðfram vesturströnd landsins (Hermann Dreki Guls og Halldór Pálmar Halldórsson, 2018). Einnig hefur töluvert magn af plasti fundist í meltingarvegi íslenskra langreyða (*Balaenoptera physalus*; Garcia-Garin o.fl., 2021), þorska (*Gadus morhua*) og ufsa (*Pollachius virens*; de Vries o.fl., 2020). Frá árinu 2018 hefur Umhverfisstofnun vaktað rusl á nokkrum ströndum í kringum landið og er allt að 99% af ruslinu plast, oft tengt sjávarútvegi (Umhverfisstofnun, 2020). Tiltektarátok á ströndum landsins hafa einnig leitt til þess að mörg tonn af rusli hafa verið fjarlægð, t.d. fór fram á tak á Hornströndum árið 2012 þar sem 4,3 tonn af rusli voru fjarlægð og var meira en 95% af því plast (Kienitz, 2013).

Til að meta rusl á hafsbottini hefur Hafrannsóknastofnun skráð allt sjáanlegt rusl sem kemur upp með botnveiðarfærum í rannsóknaleiðöngrum stofnunarinnar síðan 2015. Ýmislegt rusl hefur fundist á þeim tíma en plast var algengast (Blache, 2021). Til dæmis hafa fundist plastumbúðir sem gætu hafa verið verið í hafinu í allt að two áratugi með lítið sjáanlegt niðurbrot (1. mynd). Þó gögn um rusl sem finnst með botnveiðarfærum séu mjög gagnleg þá geta þau einnig vanmetið magn



1. mynd. Plastumbúðir sem veiddust í botnveiðarfæri í vorralli Hafrannsóknastofnunar vorið 2021. Pakningin er merkt með best fyrir dagsetningu í janúar árið 2001 og gæti hún hafa verið í hafinu í allt að two áratugi þegar hún fannst.

Figure 1. Plastic packaging with a best before date in January 2001 found among the catch of a bottom trawl in MFRI's annual groundfish survey in spring of 2021. It may have been floating around in the ocean for up to two decades when it was found.

rusls á hafsbótni vegna stærðar og/eða staðsetningu þess ásamt því að magn rusls sem finnst getur verið mismikið eftir gerð veiðarfæra (Kammann o.fl., 2018; Blache, 2021).

Ekki hefur enn verið ákveðin stöðluð aðferð til að fjalla um rusl á hafsbótni þar sem svo margar aðferðir eru til að meta rusl í hafinu, t.d. talning á rusli á ströndum (Kienitz, 2013), talningar á yfirborði sjávar (Aliani o.fl., 2003) og veiðar með botnveiðarfærum (Grøsvik o.fl., 2018; Kammann o.fl., 2018; Blache, 2021). Rannsóknir með myndefni af hafsbótni hafa reynst vel og geta gefið ágætis yfirsýn yfir dreifingu og magn rusls á hafsbótni sem er misjafnt eftir fjarlægð frá landi, botnlagi og dýpi (Mordecai o.fl., 2011; Pham o.fl., 2014; Ioakeimidis o.fl., 2015; Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017; Pierdomenico o.fl., 2019).

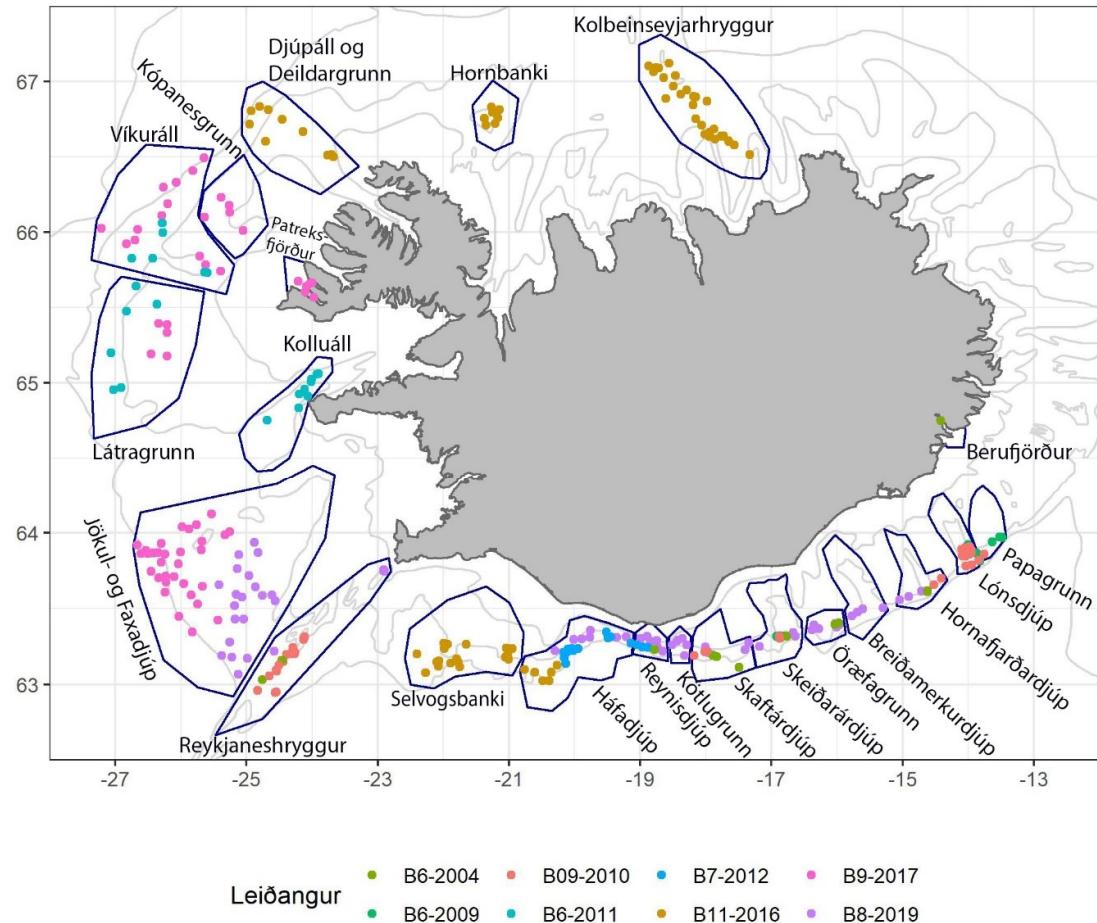
Frá árinu 2004 hafa ýmis svæði á hafsbótni við Ísland verið mynduð fyrir verkefnið Kortlagning búsvæða á hafsbótni. Helsti tilgangur þess er að finna, mynda og skrá viðkvæm búsvæði á hafsbótni. Við úrvinnslu myndefnisins hefur oft orðið vart við rusl og það skráð. Þar sem magn sjávarrusls eykst stöðugt er mikilvægt að vita hvernig rusl er algengast, hvaðan það kemur og hvað verður um það þar sem áhrif rusls á lífríkið á botni sjávar eru enn ekki vel þekkt. Í þessari skýrslu verður farið yfir dreifingu og samsetningu rusls á hafsbótni út frá myndefni sem var tekið fyrir verkefnið Kortlagning búsvæða á hafsbótni og fjallað um mögulegar afleiðingar og áhrif ruslsins.

Aðferðir

Rannsóknasvæði

Farið hefur verið í átta leiðangra til að mynda hafsbótninn fyrir verkefnið Kortlagning búsvæða á hafsbótni. Verkefninu er ætlað að kortleggja mismunandi búsvæði á hafsbótni, skrá tegundir og meta verndargildi þeirra. Ýmis svæði hafa verið mynduð við Suður- og Vesturland, en enn hafa engir leiðangrar farið fram úti fyrir Austurlandi. Árið 2016 var farinn leiðangur fyrir norðan land, og tekin voru snið á Kolbeinseyjarhrygg, Hornbanka, Djúpáli og Deildarrunni (2. mynd, Tafla 1). Úti fyrir Vesturlandi hafa verið tekin snið á Látragrúnna, í Víkuráli (og hluta af Grænlandssundi), Kópanesgrunni og í Kolluáli árin 2011 og 2019. Einnig voru tekin örfá snið í Patreksfirði og Tálknafirði árið 2017. Snið voru tekin í Jökul- og Faxadjúpi árin 2017 og 2019. Reykjaneshryggur var kannaður á árunum 2004 og 2010. Meðfram Suðurlandi hafa ýmis snið á Selvogsbanka, Háfadljúpi, Reynisdjúpi, Kötlugrunni, Skaftárdjúpi, Skeiðarárdjúpi, Öræfagrunni og Breiðamerkurdjúpi verið könnuð yfir allt tímabilið. Við Suðausturland hafa

verið tekin snið í Hornafjarðardjúpi, Berufirði, Lónsdjúpi og í hlíðum Papagrunns árin 2004, 2009 og 2010 (2. mynd, Tafla 1).



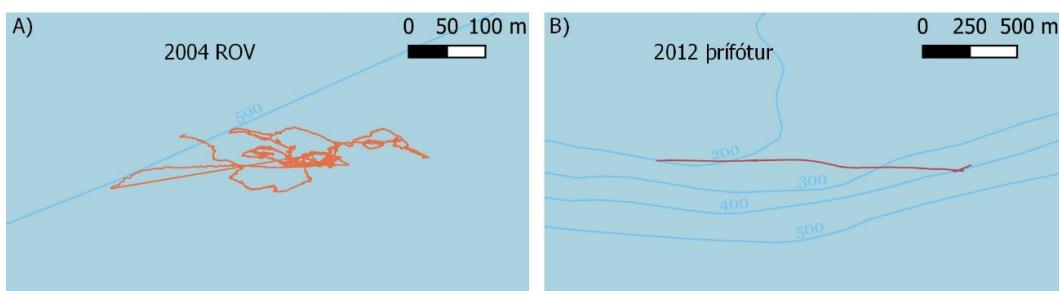
Tafla 1. Upplýsingar um leiðangra og svæðin sem skoðuð hafa verið. Svæði þar sem rusl fannst eru feitletruð.

Table 1. Information on the cruises and locations that have been explored. Locations that had litter have bold letters.

Leiðangur	Svæði	Fjöldi sniða	Svæði myndað (km ²)
B6-2004	Reykjaneshryggur, Reynisdjúp, Berufjörður, Skaftárdjúp , Skeiðarárdjúp, Hornafjarðardjúp	17	
B6-2009	Skeiðarárdjúp , Lónsdjúp, Papagrunn	17	
B9-2010	Reykjaneshryggur, Skaftárdjúp, Skeiðarárdjúp , Hornafjarðardjúp, Lónsdjúp	51	0,08
B6-2011	Kolluáll, Látragrunn, Víkuráll (og Grænlandssund)	21	0,04
B7-2012	Háfadjúp, Reynisdjúp	15	0,04
B11-2016	Selvogsbanki, Hornbanki, Kolbeinseyjarhryggur (og Skjálfandadjúp)	73	0,06
B9-2017	Jökuldjúp, Jökulbanki, Víkuráll, Látragrunn, Patreksfjörður	61	0,05
B8-2019	Jökuldjúp, Eldey (Reykjaneshryggur), Háfadjúp, Reynisdjúp , Skaftárdjúp, Kötlugrunn, Skeiðarárdjúp, Breiðamerkurdjúp, Hornafjarðardjúp	70	0,06

Búnaður og rannsóknasnið

Allir leiðangrarnir fóru fram á rannsóknaskipinu Bjarna Sæmundssyni HF 30. Gögnum var safnað með neðansjávarmyndavélum, bæði upptökuvél og stafrænni ljósmyndavél. Myndavélarnar voru ýmist á fjarstýrðum neðansjávar djúpkanna (Remotely Operated Vehicle ROV) eða á þrifættri stálgrind (Campod) (Steinunn H. Ólafsdóttir o.fl., 2020). ROV er hægt að stýra frá skipinu og var því ferill hans oft óreglulegur þar sem oft var farið fram og til baka á tilteknum svæðum (3. mynd A). Þrifætinum er hins vegar slakað niður að hafbotni þannig að hann hangir lóðrétt neðan úr skipinu um 0,5 – 1 m frá botni og fylgir svo með skipinu og er því ferill hans yfirleitt línulegur (3. mynd B). Þrifóturinn var notaður á árunum 2010 – 2019, en ROV var notaður árin 2004 og 2009. Erfitt er að meta lengd sniða með ROV út af óreglulegum ferlum og er því ekki reynt að meta lengd sniða þau ár í þessari skýrslu. Lengd rannsóknasniða með þrifætinum var allt frá 160 að 4500 m að lengd, að meðaltali 900 ± 623 m ($n = 290$).

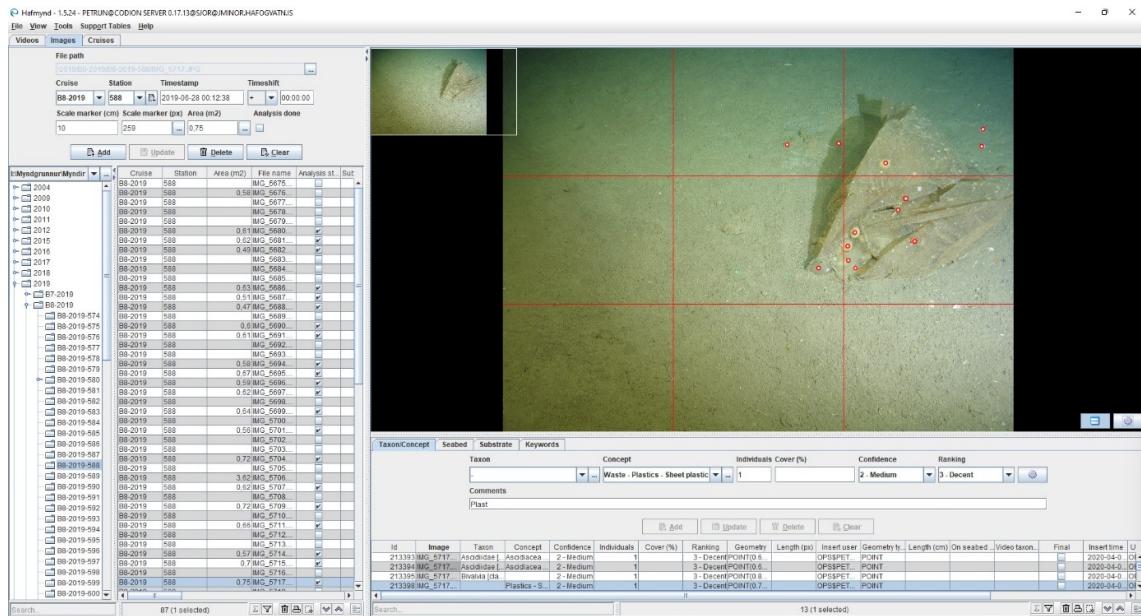


3. mynd. Dæmi um ferla eftir A) ROV og B) þrifót. Stærðarskali er í hægra efra horni á hvorri mynd fyrir sig og bláu línum eru dýptarlínur.

Figure 3. An example of the tracks made by A) the ROV and B) the campod. A size scale is in the right upper corner on each image and the blue lines represent depth contours.

Myndgreining

Myndirnar og myndböndin voru unnin í forriti sem kallast Hafmynd (4. mynd). Í Hafmynd er hægt að merkja dýr og hluti (m.a. rusl) inn á myndirnar, skrá setgerðir og margt fleira. Ef rusl fannst á mynd þá var reynt að ákvarða hvernig rusl var til staðar og flokka það eftir sama flokkunarkerfi og notað er í botnfiskaleiðöngrum Hafrannsóknastofnunar (Tafla 2). Reynt var að telja sama hlutinn ekki tvísvar ef hann birtist á nokkrum myndum og greinilegt var að um sama hlutinn var að ræða.



4. mynd. Skjáskot úr Hafmynd sem sýnir plastfilmu á hafssbotni sem hefur verið merkt ásamt lífverum sem hanga á því (rauðir punktar). Rauðu línurnar skipta myndinni niður í minni svæði til að auðvelda úrvinnslu á myndunum.

Figure 4. A screenshot from Hafmynd showing a plastic sheet that has been labeled along with the organisms that are attached to it (red dots). The red grid lines make analysis of the image easier by sectioning it.

Tafla 2. Flokkar og hópar rusls sem eru notaðir til að greina rusl á Hafrannsóknastofnun.

Table 2. Categories and groups of marine litter used to categorize litter in MFRI.

Veiðarfæri	Fiskiðnaður	Almennt rusl
Lagnet	Fiskikör	Áldósir
Fiskilína	Merkimiðar	Aðrir málmar
Reipi	Umbúðir	Plastpokar
Trollnet	Fiskvinnsla ógr.	Plastflöskur
Vírar, keðjur eða lásar	Vinnufatnaður	Plastbrúsar
Bandspottar	Annað	Plastfilmur (rúlluplast, byggingarplast t.d.)
Flotkúlur		Annað plast
Stálbobbingar		Fatnaður
Gúmmíbobbingar		Pappír eða pappi
Handfæri		Viður
Annað		Gler
		Hreinlætisvörur
		Gúmmídekk
		Annað gúmmí
		Annað rusl
		Ógreinanlegt

Úrvinnsla

Í hluta af leiðöngrunum voru laserbendlar með 10 cm millibili festir á myndavélina til að fá viðmiðunarpunkta inn á myndflötinn. Laserpunktarnir voru notaðir til að mæla sjónvídd myndefnisins, þ.e. breidd myndarammans. Til að fá meðalsjónvídd voru 25 myndir úr nokkrum leiðöngrum mældar í myndvinnsluforriti. Meðalsjónvídd var $1,2 \pm 0,38$ m og meðallengd rannsóknasniða var 900 ± 623 m. Samtals voru tekin 346 snið og var því áætlað að samtals hafi verið myndað í kringum $0,37 \pm 0,26$ km² svæði fyrir þetta verkefni. Til samanburðar er landhelgi Íslands 738.000 km².

Til að meta þéttleika rusls var sniðum skipt niður á fyrirfram ákveðin svæði og reiknaður fjöldi ruslaeininga km⁻² á hverju svæði fyrir sig (2. mynd). Ekki var hægt að mæla sjónvídd á mörgum myndum og var því notuð meðalsjónvídd fyrir útreikningana. Búnir voru til marghyrningar í landfræðilega upplýsingakerfinu QGIS (v. 3.18.3) sem voru notaðir til að afmarka svæðin og var lengd allra sniða einnig mæld í kerfinu. Þar sem notast var við ROV á árunum 2004 og 2009 var ekki hægt að mæla lengd sniða á því tímabili. Þar af leiðandi voru einungis snið á árunum 2010-2019 notuð fyrir útreikninga á þéttleika rusls.

Niðurstöður

Alls fannst rusl á 72 af 325 sniðum (22%). Það fundust 307 einingar af rusli af ýmiskonar stærð og gerð (Tafla 3), allt frá önglum (10. mynd B) til trollneta (8. mynd). Ekkert fannst af rusli sem myndi flokkast sem fiskiðnaður í ruslaflokkunarkerfinu (Tafla 2). Veiðarfæri voru algengust (94,1%) og var megnið af því fiskilína (80,5%). Magn af almennu rusli voru 18 einingar, eða 5,9% (Tafla 3). Ef gert er ráð fyrir að fiskilínur, trollnet, reipi og bandspottar séu úr plasti þá er heildarmagn plasts sem fannst hér 92,2% af ruslinu.

Magn og þéttleiki rusls

Á árunum 2010–2019 var myndað $0,31 \text{ km}^2$ svæði og var heildarlengd sniðanna 260 km (Tafla 4). Stærstu svæðin voru Háfadjúp, Lónsdjúp, Jökul- og Faxadjúp, og Reykjaneshryggur þar sem myndaður flótur á hverju svæði var á bilinu $0,030 - 0,042 \text{ km}^2$. Einnig var mesti fjöldi sniða á þessum svæðum, eða á bilinu 25-52 snið á hverju svæði (Tafla 4).

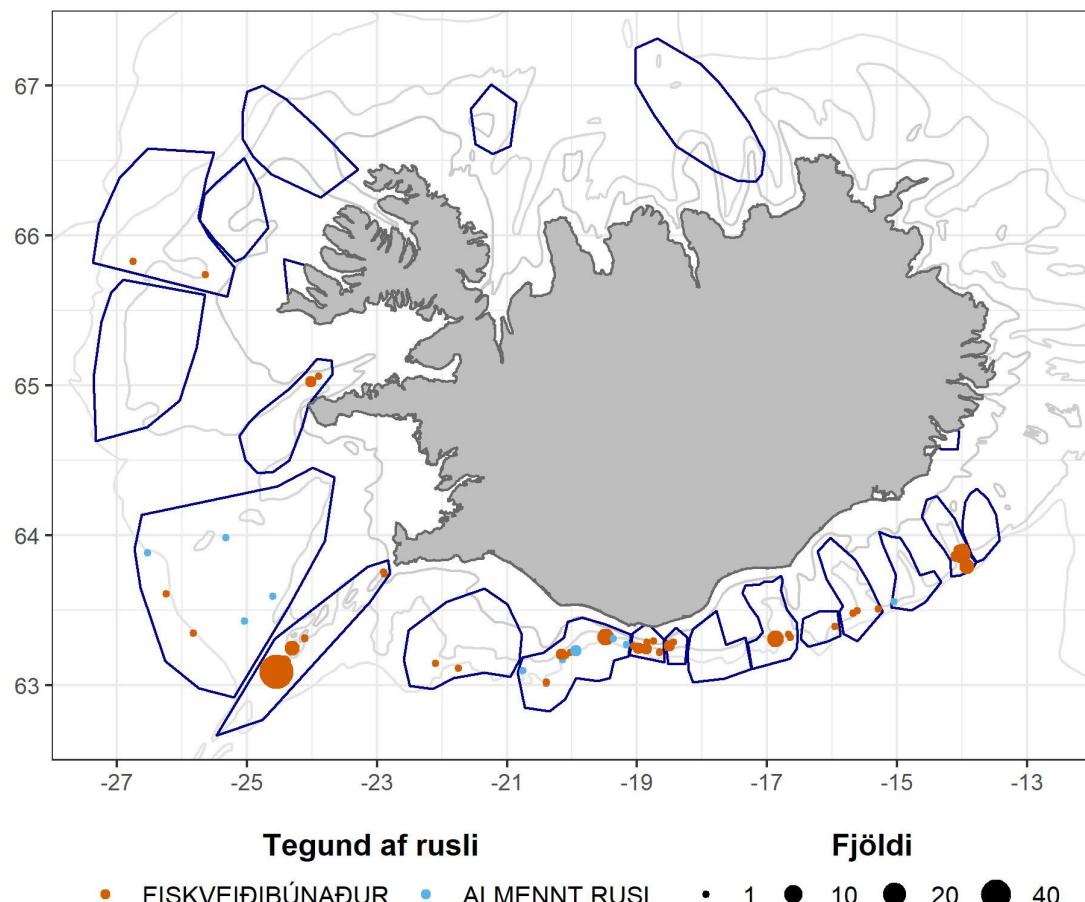
Samtals fundust 272 einingar af rusli á 13 af 21 svæði á árunum 2010-2019. Uppreknaður meðalþéttleiki rusls var 872 einingar km^{-2} . Mest rusl var að finna fyrir sunnan landið (5. mynd). Reykjaneshryggur hafði mesta magn og þéttleika af rusli, eða 151 ruslaeiningu (5. mynd) með þéttleika upp á 5.094 einingar km^{-2} (6. mynd, Tafla 4). Einnig var tölvert af rusli í Lónsdjúpi og Skeiðarárdjúpi, eða 49 og 10 einingar (5. mynd), með þéttleika upp á 1.361 og 1.469 ruslaeiningar km^{-2} (6. mynd, Tafla 4). Í Breiðamerkurkjúpi, Háfadjúpi, Kötlugrunn og Reynisdjúpi var þéttleiki rusls á bilinu 600-1024 ruslaeiningar km^{-2} (6. mynd, Tafla 4). Minna en 300 einingar km^{-2} var að finna í Hornafjarðardjúpi, Jökul- og Faxadjúpi, Kolluál, Selvogsbanka og Víkuráli (6. mynd, Tafla 4). Ekkert rusl fannst á átta af tuttugu svæðum á tímabilinu, þ.e. í Djúpáli, Deildargrunni, Hornbanka, Kolbeinseyjarhrygg, Látragrunni, Papagrunni, Patreksfirði, Selvogsbanka og Skaftárdjúpi (6. mynd, Tafla 4).

Tafla 3. Tegundir af rusli sem fannst, fjöldi og hlutfall (%) af heildarrusli.

Table 3. Types of marine litter that have been found as well as the count and proportion (%) of all litter types.

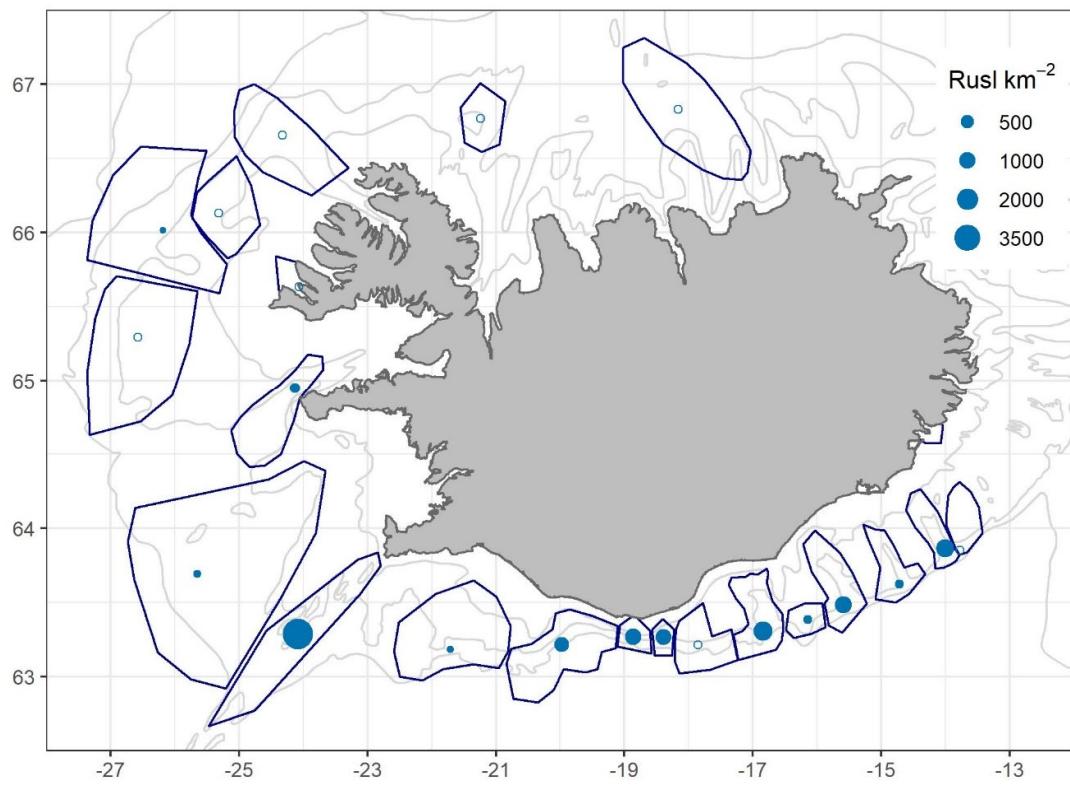
Tegund af rusli	n	Hlutfall (%)
VEIÐARFÆRI		
Fiskilína	247	80,5
Trollnet	11	3,5
Vírar	11	3,5
Reipi	11	3,5
Bandspottar	6	2,0
Annar búnaður	3	1,0
Samtals	289	94,1
ALMENNT RUSL		
Áldósir	2	0,7
Aðrir málmar	2	0,7
Plastpokar	1	0,3
Plastfilmur	5	1,6
Annað plast	2	0,7
Bylgjupappi	3	1,0
Viður	1	0,3
Annað rusl	1	0,3
Ógreinanlegt	1	0,3
Samtals	18	5,9
Samtals ALLT	307	100

35 ruslaeiningar fundust á árunum 2004 og 2009; 25 í Lónsdjúpi, sjö í Skaftárdjúpi, tvær í Skeiðarárdjúpi og ein á Papagrunni (Tafla 4). Þær eru ekki taldar með í útreikningi á þéttleika rusls þar sem ekki var hægt að mæla lengd sniðanna. Engar ruslaeiningar fundust í Skeiðarárdjúpi og Papagrunni árin 2010-2019 (Tafla 4) og verður því heildarfjöldi svæða sem rusl fannst á 15 svæði af 21.



5. mynd. Fjöldi ruslaeininga í kringum landið á árunum 2010-2019. Stærð punkta segir til um fjölda ruslaeininga á hverju sniði. Gráu línum eru dýptarlínur fyrir 100, 200 og 500 m dýpi. Bláu línum sýna svæðin sem voru athuguð.

Figure 5. Distribution of marine litter around Iceland in 2010-2019. The size of dots show the number of litter items found in each transect. The light grey lines represent depth isomets of 100, 200 and 500 m depth. The blue lines show the areas that were studied.



6. mynd. Þéttleiki rusls eftir svæðum á árunum 2010-2019 (ruslaeiningar km^{-2}). Opnir hringir eru svæði sem höfðu ekki rusl.
Figure 6. Litter density by areas in 2010-2019 (litter items km^{-2}). Open circles represent areas that had no litter.

Tafla 4. Metinn fjöldi ruslaeininga km^{-2} á árunum 2010-2019 ásamt samantekt á fjölda sniða, heildarlengd, svæði myndað og fjölda ruslaeininga á hverju svæði.

Table 4. The estimated number of litter items km^{-2} in the years 2010-2019 along with a summary of the number of stations, total length, area filmed and the number of litter items per area.

Svæði	Fjöldi sniða	Heildarlengd sniða (km)	Svæði myndað (km^2)	Fjöldi ruslaeininga	Ruslaeiningar km^{-2}
Breiðamerkurdjúp	4	2	0,003	3	1.024
Djúpáll og Deildargrunn	11	7	0,009	0	0
Háfadljúp	25	35	0,042	29	689
Hornafjarðardjúp	5	4	0,005	1	189
Hornbanki	8	5	0,006	0	0
Jökul- og Faxadjúp	52	34	0,041	6	145
Kolbeinseyjarhryggur og Skjálfandadjúp	30	21	0,025	0	0
Kolluáll	9	12	0,015	4	275
Kötlugrunn	6	4	0,005	3	600
Látragrún	11	12	0,014	0	0
Lónsdjúp	24	30	0,036	49 ¹	1.361
Nesdjúp og Kópanesgrunn	5	3	0,004	0	0
Papagrunn	1	4	0,005	0 ²	0
Patreksfjörður	6	3	0,004	0	0
Reykjaneshryggur	26	25	0,030	151	5.096
Reynisdjúp	9	9	0,010	10	955
Selvogsbanki	18	12	0,014	2	143
Skaftárdjúp	10	9	0,011	0 ³	0
Skeiðarárdjúp	5	6	0,007	10 ⁴	1.469
Víkuráll og Grænlandssund	19	18	0,022	3	138
Öræfagrunn	7	4	0,005	1	185
Samtals	291	260	0,312	272	872⁵

¹ 25 fleiri ruslaeiningar fundust á árunum 2004 og 2009.

² 1 fleiri ruslaeining fannst á árunum 2004 og 2009.

³ 7 ruslaeiningar fundust á árunum 2004 og 2009.

⁴ 2 fleiri ruslaeiningar fundust á árunum 2004 og 2009.

⁵ Fjöldi ruslaeininga km^{-2} út frá heildarsvæði myndað.

Samsetning rusls

Veiðarfæri

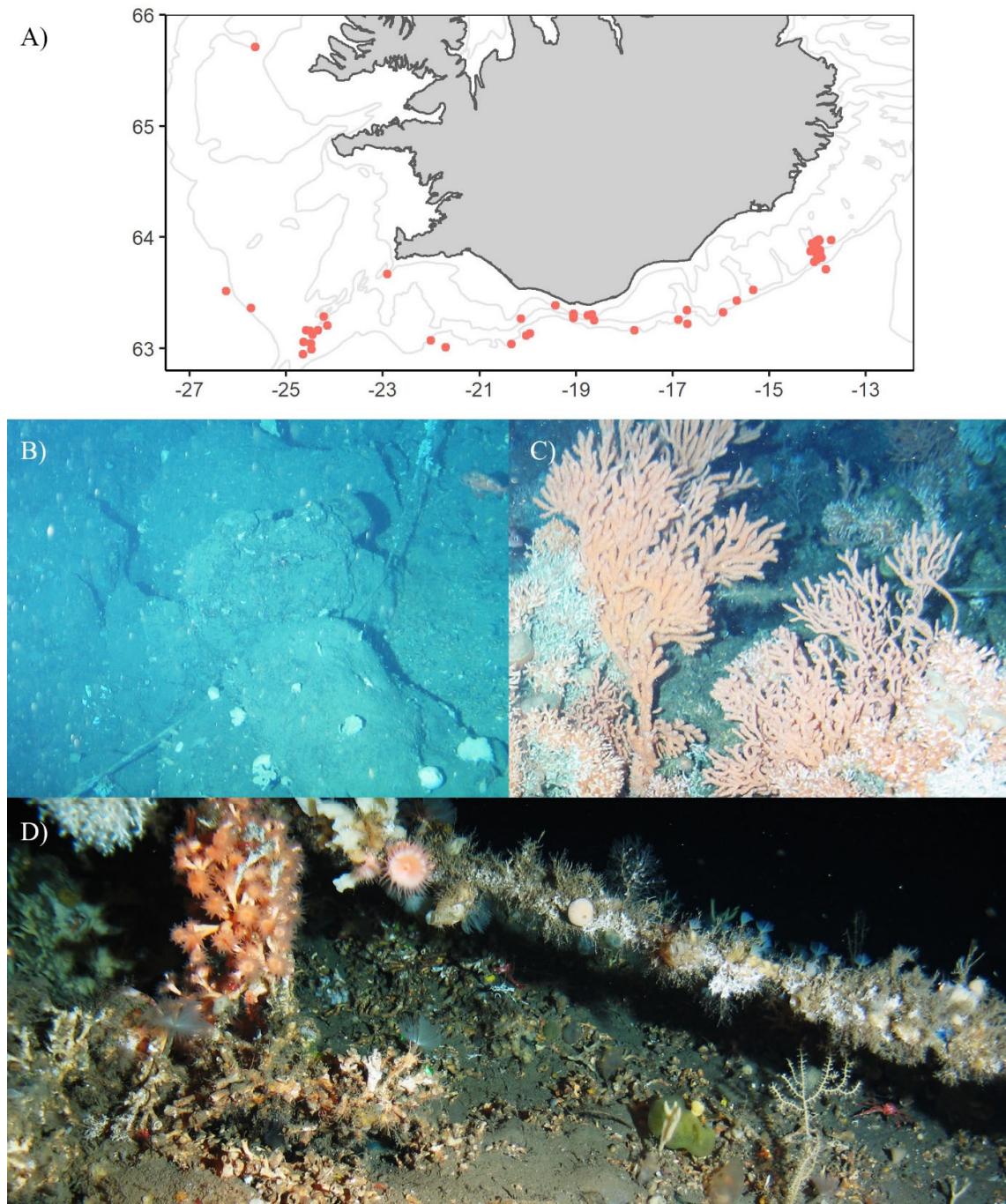
Veiðafærarusrusl var dreift víðsvegar um suðurhluta landsins (5. mynd). Örfáir hlutir hafa fundist norðan við 65° breiddargráðu; einn bandspotti, vír og fiskilína í Víkurál.

Lína

Lína var algeng meðfram landgrunninum við Suðurland (7. mynd A). Flestar línar fundust á Reykjanesrygg, eða 151 eining, megnið af þeim á fjórum sniðum. Næst á eftir var Lónsdjúp með 73 línar og svo Háfadjúp með 29. Algengt var að línar fyndust strekktar á milli steina (7. mynd B) og/eða kórala (7. mynd C) þar sem þær festast sennilega og slitna. Línurnar voru stundum þakta ásætum eins og möttuldýrum (Asciidae), hveldýrum (Hydrozoa), mosadýrum (Bryozoa), svömpum (Porifera), sæffíflum (Actinatia) og burstaormum (Polychaeta) eins og sjá má á línu sem fannst í Háfadjúpi árið 2012 (7. mynd D). Sú lína hefur að mestum líkindum verið þar í langan tíma þar sem hún hafði safnað miklu magni af lífverum á sig. Oftast voru færri sjáanlegar lífverur á línum.

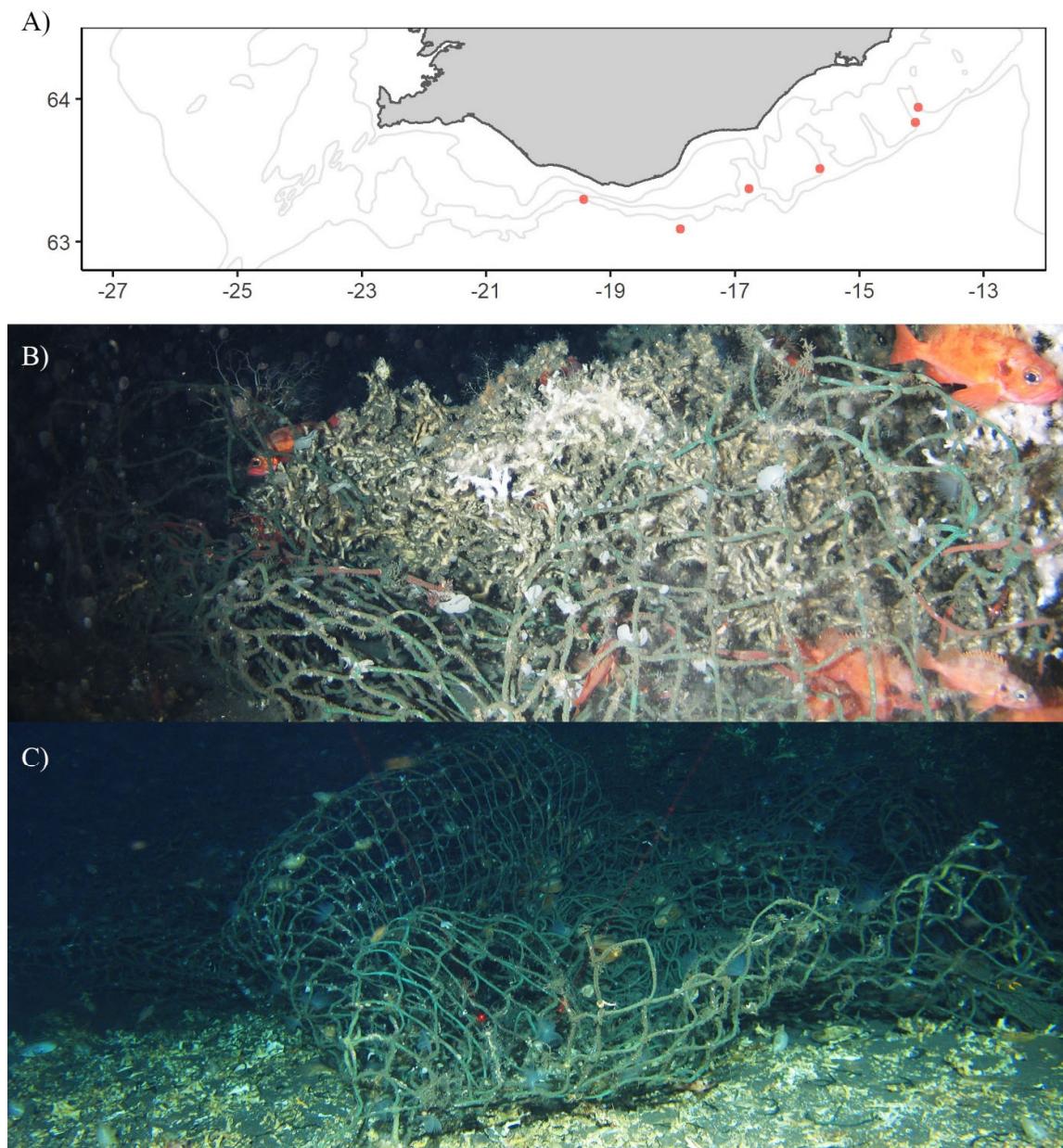
Trollnet

Samtals fundust 11 trollnet eða hlutar úr trollneti (8. mynd A). Flest voru netin í Skaftárdjúpi árið 2004 (fimm). Þar eftir voru þrjú net í Lónsdjúpi (árið 2010). Í Breiðamerkurkjúpi (2019), Háfadjúpi (2012) og Skeiðarárdjúpi (2009) var eitt net á hverjum stað. Þau voru yfirleitt flækt við kóralla og/eða steina og voru einhverjar lífverur búnar að festa sig við netin sem gefur til kynna að netin hafi verið þar í svolítinn tíma (8. mynd B og C). Einnig var algengt að sjá skemmd kóralsvæði í kringum netin. Á netinu sem fannst í Skeiðarárdjúpi voru sjáanleg mosadýr, hveldýr (Hydrozoa) og marflækja (*Gorgonocephalus* sp.) en einnig voru karfar (*Sebastes* sp.) syndandi innan um netið (8. mynd B). Á einu neti í Skaftárdjúpi voru meðal annars ægisdrekkur (*Acesta excavata*), möttuldýr (Asciidae), mosadýr (Bryozoa), armfætlur (Brachiopoda), krossfiskar (Asteroidea) og sæliljur (Crinoidea) (8. mynd C).



7. mynd. A) Dreifing lína sem hafa fundist í kringum landið. B) Dæmi um línu sem hefur fests á milli steina á 200 m dýpi á Reykjaneshrygg. C) Lína strekkt innan um postulínskóral (*Desmophyllum pertusum*) og rískóral (*Primnoa resedaeformis*) á 436 m dýpi í Lónsdjúpi. D) Lína sem fannst í kringum kórala í Hófadjúpi árið 2012 þakin móttuldýrum, hveldýrum (Hydrozoa), mosadýrum (Bryozoa), svömpum (Porifera), sæffíli (Actinatia) og burstaormum (Polychaeta) og hefur sennilega verið þarna í langan tíma.

*Figure 7. A) The distribution of longlines that have been found around the country. B) An example of a longline tangled among rocks in the Reykjanes ridge at 200 m depth. C) A longline within a coral community (*Desmophyllum pertusum* and *Primnoa resedaeformis*) at 436 m depth in Lónsdjúp. D) A longline found among corals in Hófadjúp in 2012 covered in ascidiaceans, hydrozoans, bryozoans, sponges (Porifera), actinarians and polychaetes and has likely been there for a long time.*



8. mynd. A) Dreifing trollnetta. B) Net flækt í kóralrifi, myndað árið 2009 í Skeiðarárdjúpi á 243 m dýpi. Á og við netið eru mosadýr, hveldýr, marflækja (*Gorgonocephalus* spp.), rækja (*Caridea* sp.) og karfi (*Sebastes* sp.). C) Net sem fannst árið 2004 í Skaftárdjúpi flækt við kóral á 250 m dýpi. Á netinu voru ægisdrekkur (*Acesta excavata*), burstaormar, möttuldýr, mosadýr, armfætlur (*Brachiopoda*), krossfiskar (*Asteroidea*) og sæliljur (*Crinoidea*). All í kring er brotinn kórrall.

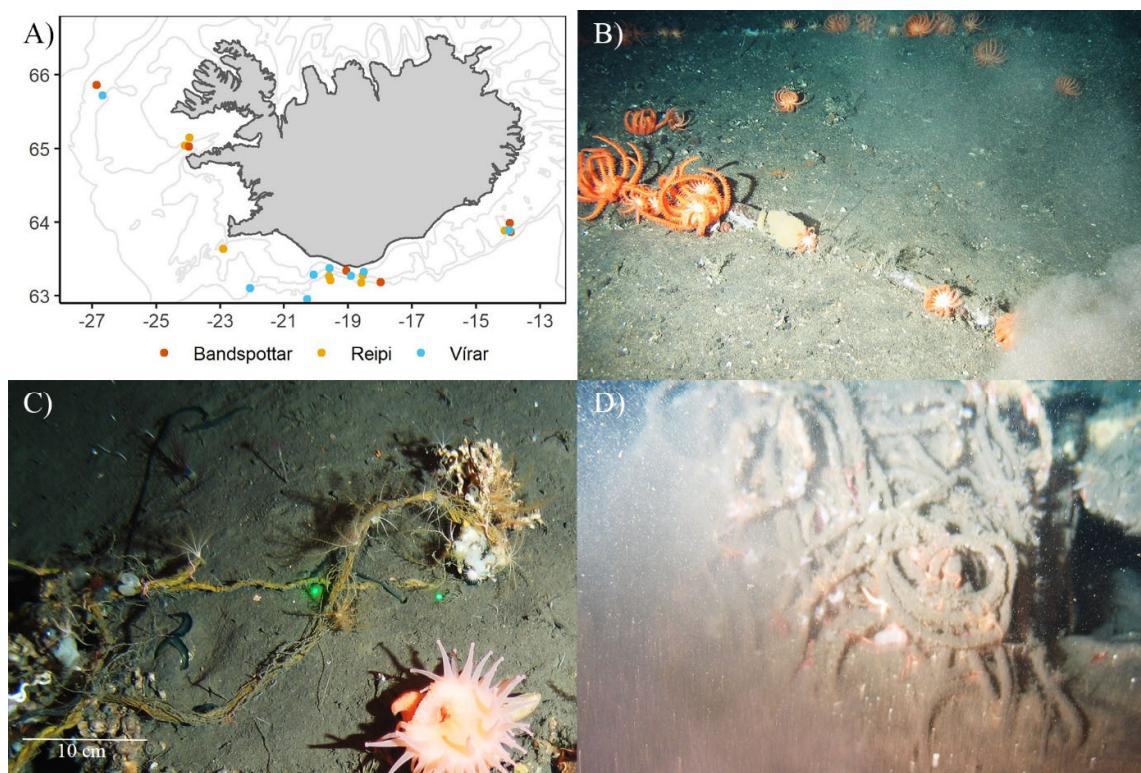
Figure 8. A) The distribution of trawl nets. B) A net stuck within a coral-reef, photographed in 2009 in Skeiðarárdjúp at 243 m depth. On and around the net are bryozoans, hydrozoans, Gorgonocephalus, shrimp (Caridea) and redfish (Sebastes). C) A net in Skaftárdjúp at 250 m depth in 2004 with attached Acesta excavata, ascidiaceans, bryozoans, brachiopods, asteroids and crinoids. There was also a lot of broken and dead coral around the net.

Vírar, reipi og bandspottar.

Vírar fundust í 11 skipti. Þrír fundust í Lónsdjúpi og Háfadjúpi, tveir á Kötlugrunni, einn í Reynisdjúpi, Selvogsbanka og Víkurál/Grænlandssundi (9. mynd A). Þeir voru oft þaktir lífverum, t.d. var einn af vírunum í Lónsdjúpi þakinn Freyjudjásni (*Brisingidae* sp.) á botnlagi sem virðist tiltölulega autt í kring (9. mynd B).

Reipi og bandspottar fundust 17 sinnum á við og dreif um Víkurál, Kolluál, Reykjaneshrygg, Háfadjúp, Skeiðarárdjúp og Skaftárdjúp (9. mynd A). Dæmi um bandspotta í Háfadjúpi er gulur spotti sem hafði sæliljur á sér og var nálægt sæffíflí og liðormum (9. mynd C).

Í Lónsdjúpi árið 2009 fannst vöndul af reipi sem gæti verið fiskilína á 270 m dýpi (9. mynd D).

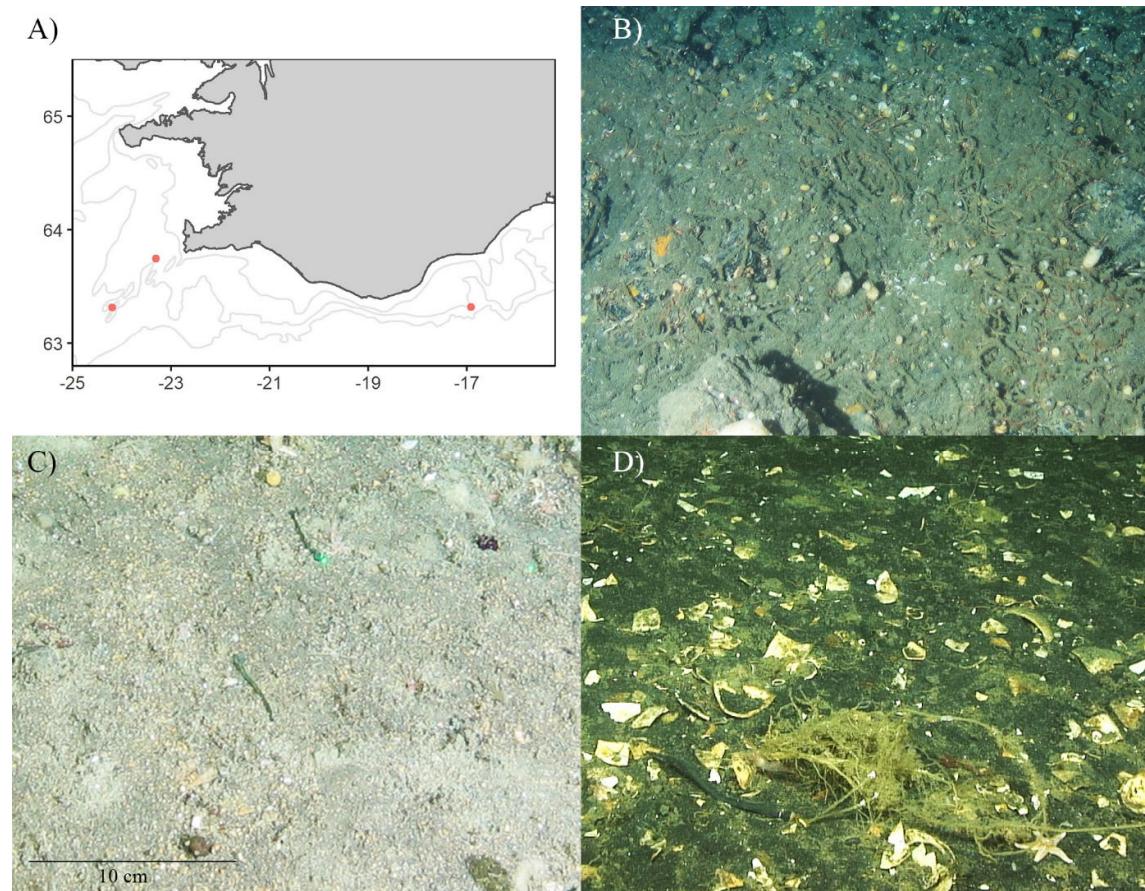


9. mynd. A) Dreifing víra, reipa og bandspotta. B) Vír sem fannst árið 2010 í Lónsdjúpi á 267 m dýpi þakin Freyjudjásni (*Brisingidae* spp.) á annars tómlegu seti. C) Dæmi um bandspotta í Háfadjúpi á 618 m dýpi, þakin sæliljum og nálægt sæffíflí og liðormum (*Bonellia viridis*). D) Vöndull af reipi sem gæti líka verið lína í Lónsdjúpi á 270 m dýpi árið 2009.

Figure 9. A) The distribution of wires, ropes, string cuttings and gillnets. B) A wire was found in Lónsdjúp in 2010 covered in Brisingidae in an otherwise relatively barren area at 267 m depth. C) An example of rope cuttings in Háfadjúp at 618 m depth, covered with crinoids and lying close to an actinarian and Bonelia viridis. D) A bundle of ropes that could be longline in Lónsdjúp at 270 m depth in 2009.

Annar fiskveiðibúnaður

Annar fiskveiðibúnaður fannst í þremur tilvikum (10. mynd A). Eitthvað sem gæti verið lagnet eða vöndull af fiskilínu fannst grafið í set á Reykjaneshrygg (10. mynd B). Önglar fundust í Skeiðarárdjúpi (10. mynd C) og svört leiðsla með bandflækju fannst við Eldey á Reykjaneshrygg (10. mynd D).



10. mynd. A) Staðsetningar annars fiskveiðibúnaðar. B) Hlutur sem lítur út eins og lagnet eða fiskilína á Reykjaneshrygg á 224 m dýpi sem er þakið seti og ýmsum lífverum, svo sem armfætlum, slöngustjörnum (Ophiuroidea), og möttuldýrum. C) Önglar í Skeiðarárdjúpi. D) Svört leiðsla með bandflækju á Reykjaneshrygg.

Figure 10. A) The locations of other fishing gear. B) An item that looks like a gillnet or a bundle of longline in Reykjaneshryggur at 224 m depth covered in sediment and various organisms, e.g. brachiopoda, ophiuroideans and ascidiaceans. C) Fishing hooks in Skeiðarárdjúp. D) A black string with a bundle of cords in Reykjaneshryggur.

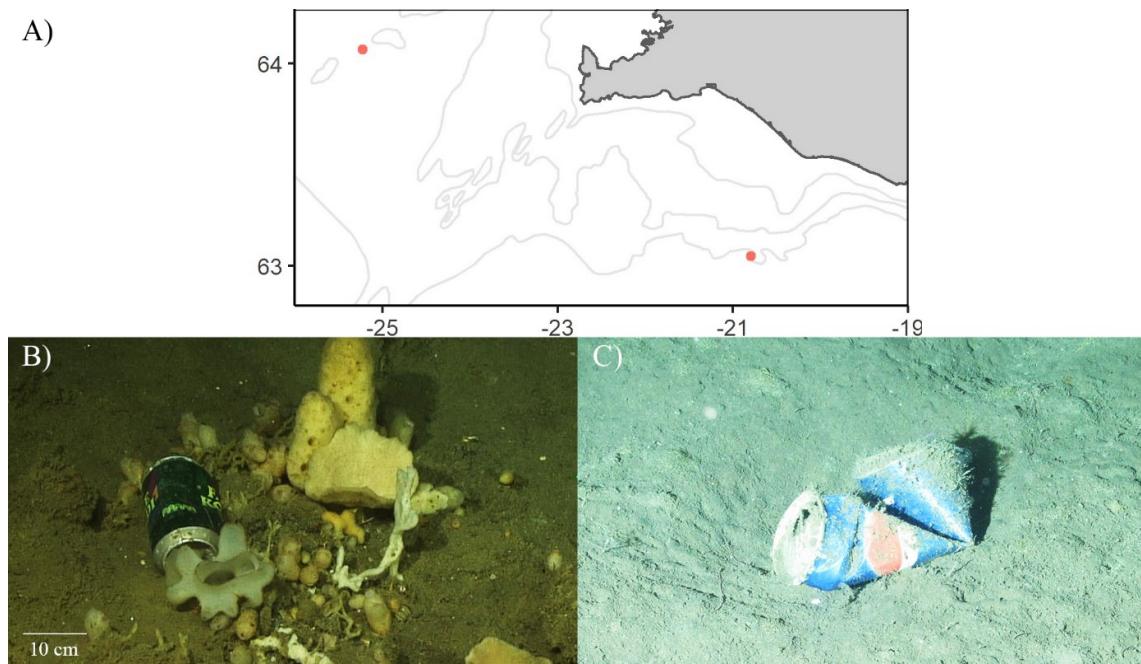
Almennt rusl

Almennt rusl var ekki algengt á mynndefninu á þeim svæðum sem hafa verið mynduð, en alls fundust 18 einingar af almennu rusli (Tafla 3). Mesta magn (9 einingar) af almennu rusli fannst í Háfadjúpi. Næst á eftir var Jökuldjúp með fjórar einingar og Lónsdjúp með tvær einingar. Hornafjarðardjúp, Skeiðarárdjúp og Reykjaneshryggur voru öll með eina ruslaeiningu hvert. Á öðrum svæðum fannst ekkert almennt rusl (5. mynd C).

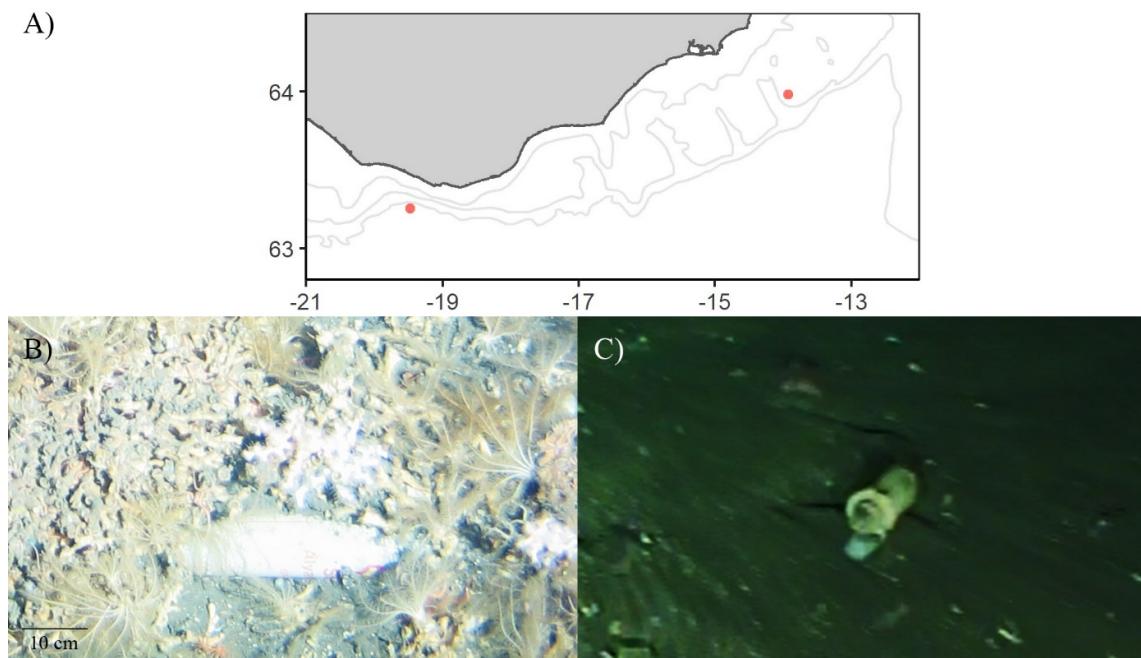
Málmar

Samtals fundust fjórar einingar af málmrusli (11. mynd A, 12. mynd A). Tvennt voru áldósir, annars vegar ein lítil (330 ml) Faxe Condi dós sem var mynduð árið 2017 á 220 m dýpi í Jökuldjúpi innan um svampa og möttuldýr (11. mynd A) og hins vegar stór Pepsi dós (500 ml) á beru seti í Háfadjúpi mynduð árið 2016 (11. mynd B). Báðar dósirnar voru enn með greinilegar merkingar og ekkert sjáanlegt niðurbrot, en ásætur höfðu komið sér fyrir á Pepsi dósinni. Samkvæmt Ölderðinni kom hönnunin á Pepsi dósinni fram á Íslandi í byrjun árs 2016 en umrædd dós fannst í leiðangri sumarið 2016 og hefur því sennilega ekki verið lengur en hálftrár á hafsbotni áður en tekin var mynd af henni þar.

Tveir hlutir sem flokkast sem aðrir málmar fundust. Annars vegar gamalt SHELL smurningahylki á 550 m dýpi í Háfadjúpi árið 2012 (12. mynd A) og hins vegar málumbúðir sem minna á spreybrúsa árið 2009 í Lónsdjúpi á 270 m dýpi (12. mynd B).



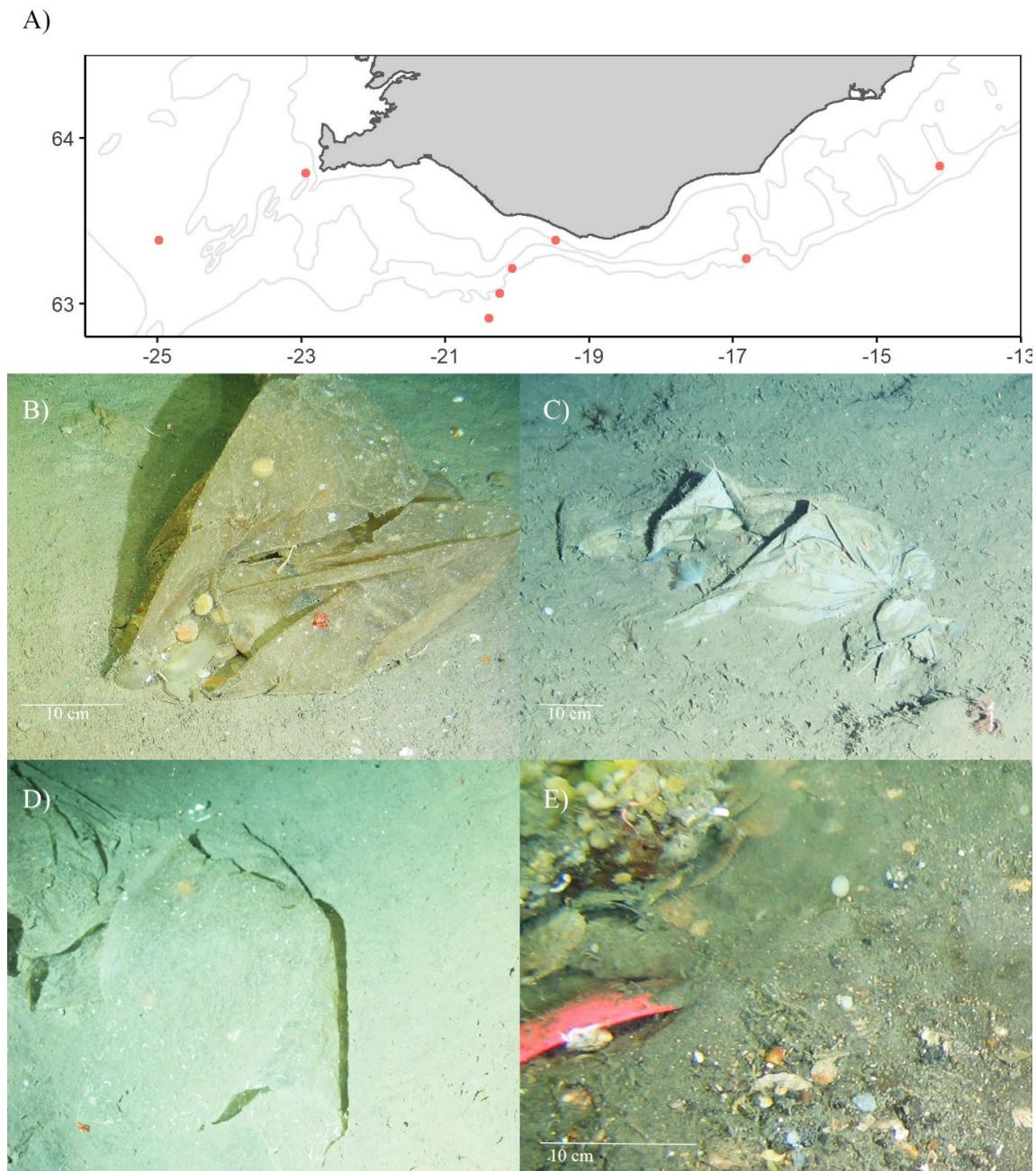
11. mynd. A) Staðsetningar þar sem áldósir fundust. B) Lítill (330 ml) Faxe condì can in Jökuldjúp in 2017 among various sponges and ascidiaceans at 220 m depth.C) A large (500 ml) Pepsi can on a bare sediment in Háfadjúp in 2016 at 300-400 m depth.



12. mynd. A) The locations of other metals. B) An old SHELL oil container under some stony corals and crinoids at 550 m depth in Háfadjúp in 2012. C) An object that looks like a spray can at 270 m depth in Lónsdjúp in 2009.

Plast

Plastfilmur og plastpokar fundust í átta tilvikum dreift sunnan við landið (13. mynd A), þar af einn poki, fimm einingar af þykkum plastfilmum sem líkjast byggingaplasti og tvennt ógreint plast. Dæmi um plastfilmu er t.d. þykk filma sem fannst árið 2019 á 350 m dýpi á Reykjaneshrygg sem hafði með sér nokkrar áfastar samlokur og aðrar lífverur sem annars voru ekki áberandi á svæðinu sem plastið fannst á (13. mynd B). Einnig fannst þykk filma í Háfadjúpi árið 2016 á 830 m dýpi sem hafði nokkrar sýnilegar ásætur (13. mynd D). Plastpokinn fannst í Háfadjúpi árið 2012 á 615 m dýpi (13. mynd C). Plast sem passaði ekki í aðra flokka var svart hringlaga plaststykki og rautt plaststykki sem fannst grafið í setið á 417 m dýpi í Háfadjúpi árið 2019 (13. mynd E).



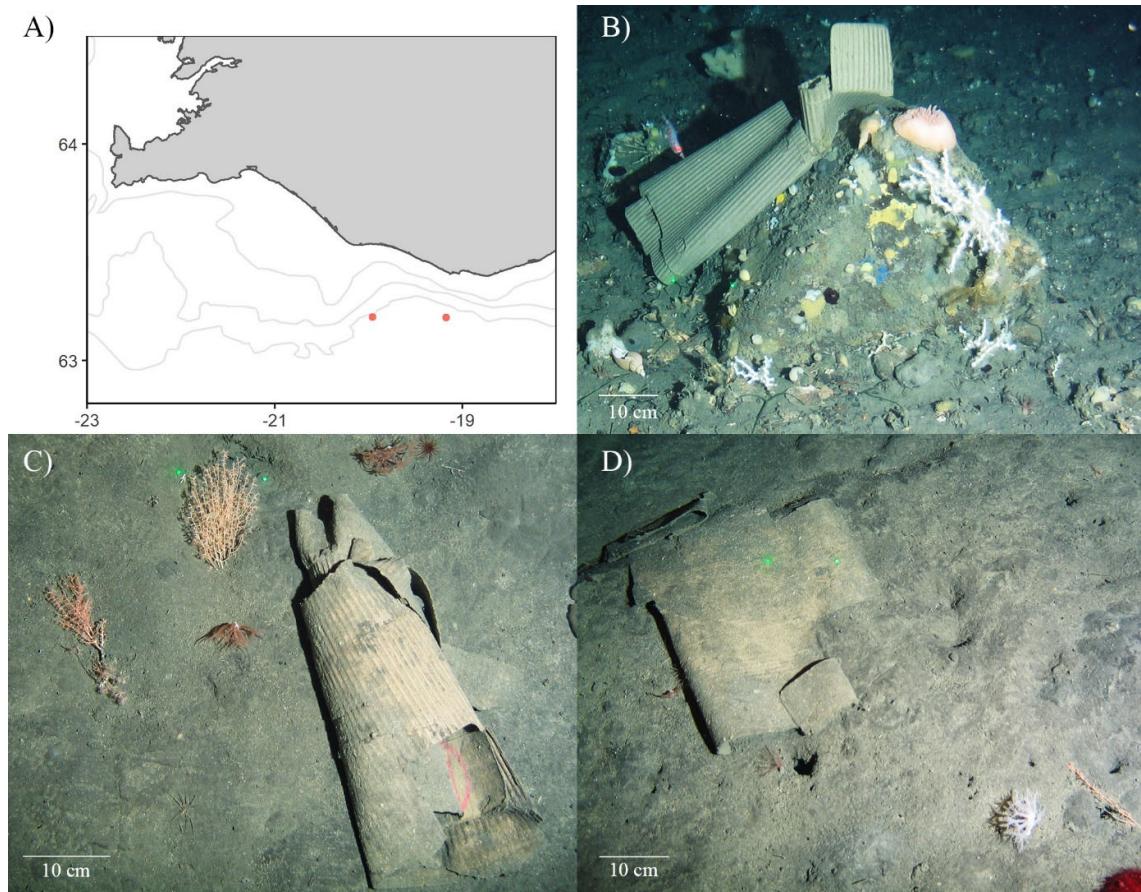
13. mynd. A) Dreifing plastrusls. B) Þykk plastfilma sem fannst árið 2019 á 353 m dýpi á Reykjaneshrygg með áföstum samlokum (Bivalvia), möttuldýrum og burstaormum. C) Plastpoki á 615 m dýpi í Háfadjúpi árið 2012 sem er orðinn búsvæði fyrir slöngustjörnur og burstaorma. Einnig sjást sæfjaðrir nálægt pokanum. D) Þykk plastfilma í Háfadjúpi á 830 m dýpi árið 2016 með áföstum ógreinanlegum lífverum. E) Rauðt plaststykki á 417 m dýpi í Háfadjúpi árið 2019.

Figure 13. A) The distribution of plastic litter. B) Sheet plastic at 353 m depth in Reykjaneshryggur in 2019 with attached bivalves, ascidiaceans and polychaetes. C) Plastic bag at 615 m depth in Háfadjúp that has become a habitat for ophiuroideans and polychaetes. D) Sheet plastic in Háfadjúp at 830 m depth in 2016 with various unidentifiable organisms. E) A red plastic piece at 417 m depth in Háfadjúp in 2019.

Pappír, viður og annað

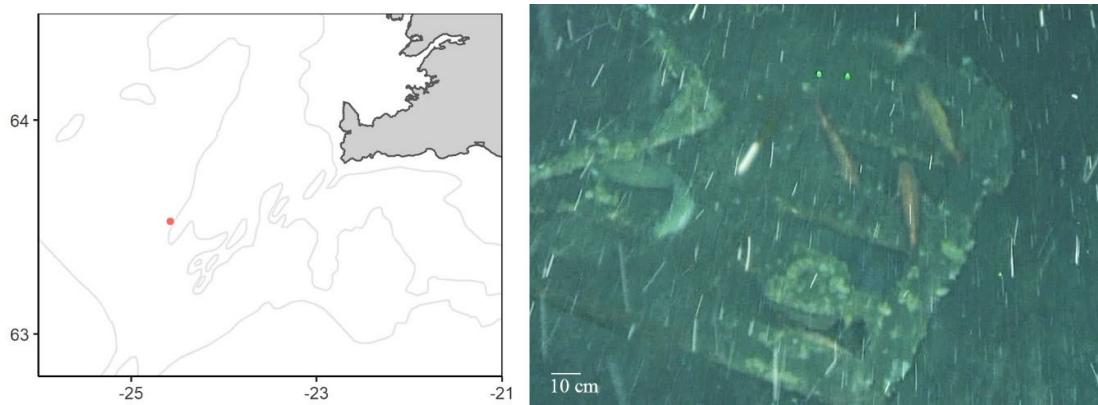
Þrír hlutir sem líkjast bylgjupappa fundust á 500 – 600 m dýpi í Háfadjúpi árið 2012 (14. mynd). Í öllum tilfellum virtist hluturinn nokkuð heillegur og engar sjáanlegar lífverur fastar á honum. Hins vegar voru alltaf viðkvæmar lífverur í kring, eins og glókórall (*Madrepora oculata*, 14. mynd B) og bambuskórall (*Acanella arbuscula*, 14. mynd C og D).

Eini viðurinn sem fannst var flutningabretti í Jökuldjúpi á 330 m dýpi árið 2019 (15. mynd).



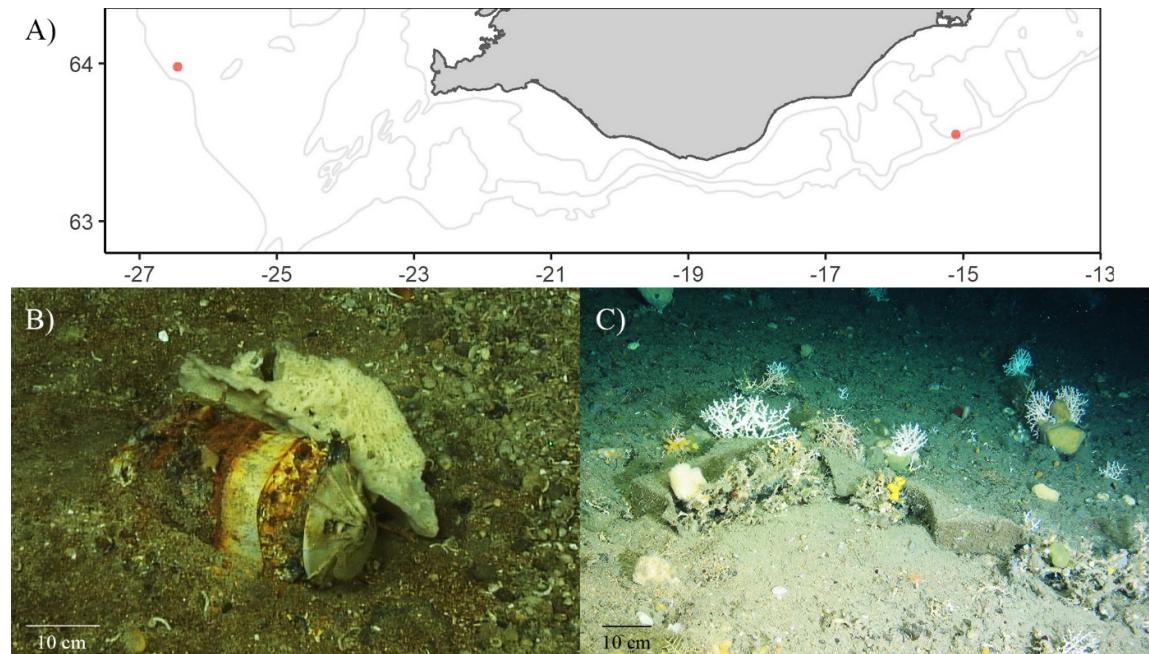
14. mynd. A) Dreifing bylgjupappa. Dæmi um bylgjupappa sem fannst árið 2012 í Háfadjúpi B) á rúmlega 500 m dýpi ofan á stein í kringum sæffífil og glókóral (*Madrepora oculata*), C) nálægt bambuskórall (*Acanella arbuscula*) og sæfjöðrum (*Pennatulacea*) á seti á 600 m dýpi, og D) nálægt sæfjöður, krömdum bambuskórall og ígulkeri á 600 m dýpi.

*Figure 14. A) The distribution of corrugated cardboard. Examples of corrugated cardboard in Hafnajupi in 2012 B) at >500 m depth on top of a rock among an actiniarian and Madrepora oculata, C) close to bamboo corals (*Acanella arbuscula*) and sea pens (*Pennatulacea*) at 600 m depth, and D) close to a sea pen, broken bamboo coral and sea urchin at 600 m depth.*



15. mynd. Staðsetning flutningabrettisins í Jökuldjúpi ásamt skjáskoti úr myndbandi sem sýnir brettið á 330 m dýpi.
Figure 15. The location of the shipping pallet in Jökuldjúp as well as a screenshot from the video showing the pallett at 330 m depth.

Einu sinni fannst rusl sem var flokkaður sem „annað rusl“ en það var ryðgaður mótor með svampi ofan á sem fannst á 340 m dýpi árið 2017 í Jökuldjúpi (16. mynd A og B). Ógreinanlegt rusl fannst aðeins einu sinni í Breiðamerkjurdjúpi, en ekki var hægt að greina nánar hvað viðkomandi hlutur var (16. mynd C). Hluturinn var óvenju reglulegur í laginu og því ekki talinn vera svampur (*Porifera*) eða álíka. Í kringum hlutinn má sjá kórala, svampa og möttuldýr (16. mynd C).



16. mynd. A) Dreifing annars rusls. B) Mótor fannst á 340 m dýpi í Jökuldjúp árið 2017. C) Ógreinanlegt rusl sem fannst meðal kórala, svampa og möttuldýra í Breiðamerkjurdjúpi árið 2019.
Figure 16. A) The distribution of other litter. B) A motor found in 2017 in Jökuldjúp at 340 m depth. C) An unidentified litter item found among corals, sponges and acidiaceans in Breiðamerkjurdjúp in 2019.

Umræður

Hingað til hefur lítið verið vitað um magn og dreifingu rusls á hafslotni við Ísland. Rusl á hafslotni hefur einnig lítið verið rannsakað á heimsvísu og enn er verið að reyna að samræma aðferðir til að lýsa ruslamagni á hafslotni. Þessi skýrsla gefur mikilvæga innsýn í það magn af sjávarrusli sem fyrirfinnst á hafslotni við landið ásamt því að sjá áhrif rusls á viðkvæm búsvæði. Mest fannst af rusli fyrir sunnan land, en þar hafa einnig flest rannsóknasnið verið tekin. Hins vegar hefur minnst verið skráð af rusli sem kemur upp með botnveiðarfærum fyrir sunnan og austan landið (Blache, 2021). Þar sem fá snið hafa verið tekin fyrir norðan og austan land er ekki hægt að meta magn rusls á þeim svæðum út frá myndefni. Að auki er mikilvægt að hafa í huga að aðeins var myndað lítið svæði af lögsögu Íslands (< 0.00005%). Algengasta ruslið sem fannst var tengt sjávarútvegi og var fiskilína þar langalgengust. Það er í samræmi við aðrar rannsóknir á Íslandi þar sem megnið af rusli sem kemur upp í botnveiðarfæraleiðöngrum Hafrannsóknastofnunar (Blache, 2021) og skolast upp á strandir landsins (Umhverfisstofnun, 2020; Kienitz, 2013) kemur frá sjávarútvegi. Sömuleiðis er algengasta ruslið sem hefur fundist hjá nágrannapjóðum okkar tengt sjávarútvegi (Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017; Kammann o.fl., 2018).

Botnlag og búsvæði geta haft áhrif á það hvar rusl finnst. Fjöldi lína var til dæmis mestur á Reykjaneshrygg þar sem botnlag er hrjúft. Innan um kórala í Lónsdjúpi og Háfadljúpi var einnig töluvert af fiskilínu. Trollnet fundust á kóralsvæðum þar sem veiðar með botnvörpum hafa átt sér stað og voru kóralar oftast flæktil í þeim eða inni í trollpokanum, eins og í Skeiðarárdjúpi og Skaftárdjúpi en þar eru eyðilögð kóralrif (Sigmar A. Steingrímsson og Sólmundur T. Einarsson, 2004; Steinunn H. Ólafsdóttir og Julian M. Burgos, 2012; Steinunn H. Ólafsdóttir o.fl., 2020). Bæði fiskilínur og trollnet geta skemmti viðkvæm búsvæði eins og kóralrif og kóralgarða með því að flækjast í þeim og brjóta kóralana ásamt því að skaða aðrar lífverur. Kóralsvæði eru lengi að jafna sig eftir skemmdir enda eru kóralar mjög hægvaxta lífverur (Althaus o.fl., 2009; Williams o.fl., 2010; Buhl-Mortensen, 2017). Skoða þyrfti betur samspil veiðiálags og magn rusleinингa ásamt því að skoða gerð veiðarfæra í því samhengi.

Flest nútíma veiðarfæri eru gerð úr sterkum plastefnum og eru afar lengi að brotna niður svo magn veiðarfæra á hafslotni mun einungis aukast og vera til staðar í fjölda ára (Moore, 2008; Chamas o.fl., 2020; Ward og Reddy, 2020). Verið er að þróa veiðarfæri úr niðurbrjótanlegum efnum sem gætu komið í stað veiðarfæra úr plasti (INdIGO, 2022). Ef það verður að veruleika gæti það minnkað magnið af veiðarfærum úr plasti sem enda á hafslotni í framtíðinni. Nú til

dags eru mörg veiðarfæri merkt útgerðum og bera útgerðirnar samkvæmt lögum (57/1996, 4 gr) ábyrgð á fjarlægingu eða kostnaði við fjarlægingu veiðarfæra sem eru skilin eftir í sjó. Til eru nýleg dæmi um að skip leggi mikið á sig til að sækja flækt troll (mbl.is, 2021). Hins vegar virðist almennt vera lítið tilkynnt um töpuð veiðarfæri á Norðurlöndunum miðað við veiðiálag (Langedal o.fl., 2020) enda safnast mikið rusl frá sjávarútvegi á strendur landsins (Umhverfisstofnun, 2020; Kienitz, 2013) og er áberandi á vissum svæðum á hafssbotni eins og sést í niðurstöðum þessarar skýrslu. Þó er ekki endilega raunhæft að finna og fjarlægja allt rusl af hafssbotni þar sem það er erfitt, dýrt og gæti valdi meiri skemmdum á búsvæðum á hafssbotni en að skilja það eftir.

Hlutfallslega lítið magn fannst af almennu rusli í þessari úrvinnslu. Algengt er að almennt rusl safnist saman í djúpánum og fjörðum nálægt byggðum og er einnig algengara á landgrunni nær landi (Mordecai o.fl., 2011; Pham o.fl., 2014; Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017). Líklegt er því að meira sé af rusli á grunnsævi nálægt byggðum við Ísland enda finnst svolítið af almennu rusli þegar togað er í leiðöngrum Hafrannsóknastofnunar í Faxaflóa, t.d bíldekk, blautþurrkur og eyrnapinnar (óbirtar niðurstöður). Það væri því áhugavert að kanna þessi svæði í framtíðinni til að athuga dreifingu rusls nær landi.

Rusl á hafssbotni getur haft ýmis neikvæð áhrif. Þar má t.d. nefna flutning lífvera á milli svæða. Ýmsar lífverur sáust á rusli í þessari skýrslu, meðal annars á plastfilmum sem geta flust auðveldlega með hafstraumum á milli svæða. Oft eru þetta lífverur sem kjósa almennt harðara búsvæði og nýta ruslið sem einskonar akkeri á annars mjúku seti. Niðurbrot rusls getur einnig skilið eftir sig efni sem geta skaðað umhverfið. Til dæmis má nefna smurningahylkið sem sást í Háfadjúpi sem líklega mun smita einhverjum efnim frá sér með tímanum. Einnig brotnar plast niður í örplast og önnur hættuleg aukaefni plasts (t.d. BPA). Jafnvel lífplast (e. bioplastic) getur skilið eftir sig tölувert magn af örplasti í vatni eða sjó (Wei o.fl., 2021). Viðvera rusls getur sömuleiðis breytt tegundasamsetningu, fjölda tegunda og fjölda einstaklinga á svæði (Katsanevakis o.fl., 2007). Munurinn er áberandi þegar lífverur setjast á rusl á annars tegundasnauðu yfirborði eins og beru seti, en það sást á nokkrum myndum. Net á hafssbotni geta einnig valdið draugaveiðum (e. ghost fishing) þar sem fiskar, fuglar eða spendýr geta fests í þeim og drepist. Ekki var að sjá að netin sem fundust hér hafi verið með föstum og/eða dauðum dýrum en karfar sáust synda innan um netin. Annars forðast margir fiskar myndavélabúnaðinn sem hefur líklegast áhrif á fjölda fiska sem sjást almennt á mynndefninu.

Samkvæmt skráningum á rusli af neðansjávarmyndefni var uppreiknaður meðalþéttleiki rusls hér við land (872 ruslaeininger km⁻²) mun meiri en meðalþéttleiki upp á 230 ruslaeininger

km^{-2} við stendur Noregs (Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017) og 200 ruslaeiningar km^{-2} við landgrunninn í Evrópu (Pham o.fl., 2014). Hinsvegar er gott að hafa í huga að fyrir þetta verkefni var myndað $0,37 \text{ km}^2$ svæði á meðan myndað svæði við Noreg var $3,7 \text{ km}^2$ (Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017) og $0,9 \text{ km}^2$ við landgrunninn í Evrópu (Pham o.fl., 2014). Magn fiskilína á Reykjaneshrygg hefur mikil áhrif á þéttleika rusls hér við land, en ef reiknaður er meðalfjöldi út frá öllum öðrum svæðum þá verður meðalþéttleikinn 423 ruslaeiningar km^{-2} sem er þó enn töluvert meira en meðalþéttleiki í Evrópu. Töluvert vantaði af ruslaeiningum frá árunum 2004 og 2009 í Lónsdjúpi í þessa útreikninga. Því gæti meðalþéttleiki yfir öll svæðin og þéttleiki í Lónsdjúpi einnig verið meiri en reiknaðist hér. Sá þéttleiki af rusli sem fannst á Reykjaneshrygg er sambærilegur mestu þéttleikum við Noreg og Portúgal miðað við talningar af myndefni (Pham o.fl., 2014; Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017). Ástæðan fyrir háum tölum á ruslaeiningum og miklum þéttleika ruslsins gæti verið sú að stór hluti þeirra sniða sem tekin voru við Kortlagningu búsvæða á hafsbotni miðuðu að því að skoða kóralsvæði og einkum kóralsvæði þar sem sjómenn höfðu gefið upplýsingar um svæði sem veiðar fóru fram á eða fara enn fram. Þetta voru því oft svæði sem höfðu kóralbreiður og grjót og festast veiðarfæri gjarnan í þeim.

Ýmsir erfiðleikar voru við að meta fjölda rusls á flatarmálseiningu þar sem aðeins sjást stutt svæði þegar myndað er og hefur aðeins lítið heildarsvæði verið myndað. Það getur gert uppreikning á fjölda ruslaeininga vandasaman. Sömuleiðis er rusl misstórt og fiskilínur mislangar sem gerir það að verkum að erfitt er að bera saman þessar einingar eingöngu út frá talningu. Það er t.d. flókið að meta magn og þyngd á fiskilínum þar sem þær sjást sjaldan heilar á mynd og erfitt að meta heildarlengd þeirra. Einnig er erfitt að meta hvort fiskilínur hafi verið taldar oftar en einu sinni þar sem stundum var stutt á milli lína í myndefnu og stundum voru nokkrar línar á sama svæðinu. Sniðin voru flest tekin í nokkuð beinni línu og fiskilínurnar sáust oft þvert á myndarammann og þá var gert ráð fyrir að hver lína hafi verið einstök nema hægt væri með vissu að sjá tengingu á milli þeirra. Því getur verið að magn fiskilína í þessari greiningu sé að einhverju leiti ofmat. Sömuleiðis er í raun er ekki nógu nákvæmt að notast aðeins við talningu á rusli til að meta umfang þess þar sem fjöldi smárra hluta getur verið mun meiri heldur en stærri hluta (Schneider o.fl., 2022) og hefur því verið mælt með að nota bæði talningu og þyngdarskráningu ef hægt er (Pham o.fl., 2014). Hefur þetta verið prófað í Barents- og Noregshafi með því að nota meðalþyngdir ruslaeininga (Buhl-Mortensen og Buhl-Mortensen, 2017) og væri vert að skoða hér líka.

Kosturinn við að nota myndefni til að greina rusl á hafobotni er að meiri nákvæmni er í staðsetningu ruslsins samanborið við afla úr botnveiðarfærum þar sem tekin eru allt að klukkutíma tog. Hins vegar er úrvinnsla myndefnis tímafrek og erfitt að meta umfang rusls út frá myndefni á meðan hægt er að vigta og mæla rusl sem kemur upp með veiðarfærum. Sumt rusl næst þó ekki upp með trolli og eru myndir því verðmætar þar sem þær geta sýnt rusl sem myndi annars ekki endilega koma upp með afla. Með myndefni er hægt að sjá rusl á hafobotni sem annars næst ekki til þess án þess að skaða umhverfið, t.d. innan um steina og kórala. Hins vegar sést ekki rusl sem er grafið í setið, en það gæti komið upp með trollum. Myndefni getur einnig sýnt áhrifin sem ruslið hefur eins og t.d. trollnet sem er flækt í stórum brotum af kóral og plastfilmur sem flytja lífverur á milli svæða.

Greinilegt er að mynda þarf fleiri svæði á hafobotni og kanna betur hvar rusl er að finna í kringum landið. Hingað til hefur aðeins brotabrot af hafobotni innan efnahagslögsögu Íslands verið myndað en ljóst er að myndirnar gefa dýrmæta sýn á ástandið á hafbotninum. Ljóst er að það þarf að reyna að takamarka það magn rusls sem endar í hafinu og passa upp á viðkvæm búsvæði svo eyðilegging af mannavöldum verði ekki meiri en raun ber vitni. Þar til búið er að þróa lausnir við þessu mikla vandamáli sem manngert rusl er þá mun það áfram safnast í miklu magni í hafinu. Enn er lítið vitað um örlög og áhrif rusls í hafinu og er því mikilvægt að stunda frekari rannsóknir á því hvar rusl safnast saman og hvernig það hefur áhrif á vistkerfi í hafinu ásamt því að skoða samspil veiðíalags og rusls á hafobotni.

Þakkarorð

Við viljum þakka öllum þeim sem hafa staðið að gagnaöflun og úrvinnslu myndefnis fyrir verkefnið Kortlagning búsvæða á hafssbotni yfir árin. Einnig þökkum við Ingibjörgu G. Jónsdóttur fyrir yfirlestur á skýrslunni og gagnlegar athugasemdir.

Heimildir

Aðalsteinn Örn Snæþórsson. (2019). *Plast í meltingarvegi fýla við Ísland árið 2019* (NNA-1904). Náttúrufræðistofa Norðausturlands.

Aliani, S., Griffa, A. og Molcard, A. (2003). Floating debris in the Ligurian Sea, north-western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 46(9), 1142–1149. doi:10.1016/S0025-326X(03)00192-9

Althaus, F., Williams, A., Schlacher, T. A., Kloser, R. J., Green, M. A., Barker BA, Bax NJ, o.fl. (2009). Impacts of bottom trawling on deep-coral ecosystems of seamounts are long-lasting. *Marine Ecology Progress Series*, 397, 279–294.

Andradý, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030

Barnes, D. K. (2002). Invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, 416(6883), 808–809.

Blache, M. (2021). *Way down we go : using bottom trawling to survey benthic debris in Icelandic waters*, meistararitgerð. Háskólastur Vestfjarða. Sótt af <https://skemman.is/handle/1946/39161>.

Buhl-Mortensen, L. og Buhl-Mortensen, P. (2017). Marine litter in the Nordic Seas: Distribution composition and abundance. *Marine Pollution Bulletin*, 125(1), 260–270. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.08.048

Buhl-Mortensen, P. (2017). Coral reefs in the Southern Barents Sea: habitat description and the effects of bottom fishing. *Marine Biology Research*, 13(10), 1027–1040. doi:10.1080/17451000.2017.1331040

Cadée, G. C. (2002). Seabirds and floating plastic debris. *Marine Pollution Bulletin*, 44(11), 1294–1295.

Chamas, A., Moon, H., Zheng, J., Qiu, Y., Tabassum, T., Jang, J. H., Abu-Omar, M., o.fl. (2020). Degradation Rates of Plastics in the Environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(9), 3494–3511. doi:10.1021/acssuschemeng.9b06635

Chen, J., Xiao, Y., Gai, Z., Li, R., Zhu, Z., Bai, C., Tanguay, R. L., o.fl. (2015). Reproductive toxicity of low level bisphenol A exposures in a two-generation zebrafish assay: Evidence of male-specific effects. *Aquatic Toxicology*, 169, 204–214. doi:10.1016/j.aquatox.2015.10.020

Chiba, S., Saito, H., Fletcher, R., Yogi, T., Kayo, M., Miyagi, S., Ogido, M., o.fl. (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Marine Policy*, 96, 204–212. doi:10.1016/j.marpol.2018.03.022

Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. og Galloway, T. S. (2015). The Impact of Polystyrene Microplastics on Feeding, Function and Fecundity in the Marine Copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology*, 49(2), 1130–1137. doi:10.1021/es504525u

Dippo, B. (2012). *Microplastics in the coastal environment of West Iceland*. Háskólastur Vestfjarða. Sótt af https://skemman.is/bitstream/1946/12287/1/Microplastic_secure.pdf.

FAO. (2010). Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. *The State of World Fisheries and Aquaculture* (bls. 126–133). Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department.

- Garcia-Garin, O., Aguilar, A., Vighi, M., Víkingsson, G. A., Chosson, V. og Borrell, A. (2021). Ingestion of synthetic particles by fin whales feeding off western Iceland in summer. *Chemosphere*, 279, 130564. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.130564
- Goldberg, E. D. (1997). Plasticizing the Seafloor: An Overview. *Environmental Technology*, 18(2), 195–201. doi:10.1080/09593331808616527
- Green, D. S., Boots, B., Blockley, D. J., Rocha, C. og Thompson, R. (2015). Impacts of Discarded Plastic Bags on Marine Assemblages and Ecosystem Functioning. *Environmental Science & Technology*, 49(9), 5380–5389. doi:10.1021/acs.est.5b00277
- Grøsvik, B. E., Prokhorova, T., Eriksen, E., Krivosheya, P., Horneland, P. A. og Prozorkevich, D. (2018). Assessment of marine litter in the Barents Sea, a part of the Joint Norwegian–Russian Ecosystem Survey. *Frontiers in Marine Science*, 5, 72.
- Hermann Dreki Guls og Halldór Pálmar Halldórsson. (2018). Könnun á örplastmengun í kræklingi við Ísland (Umhverfisstofnun). Rannsóknasetur Háskóla Íslands á Suðurnesjum. Sótt 7. júní 2021 af <https://ust.is/haf-og-vatn/plastmengun/orplast-i-kraeklingi/>.
- Hlynur Stefánsson, Peternell, M., Konrad-Schmolke, M., Hrafnhildur Hannesdóttir, Einar Jón Ásbjörnsson og Sturkell, E. (2021). Microplastics in Glaciers: First Results from the Vatnajökull Ice Cap. *Sustainability*, 13(8), 4183. doi:<https://doi.org/10.3390/su13084183>
- INdIGO. (2022, 9. maí). INdIGO survey: The majority of fishermen are ready to use biodegradable fishing gear. Sótt 30. júní 2022 af <https://indigo-interregproject.eu/en/news-en/indigo-survey-results/>.
- Ioakeimidis, C., Papathodorou, G., Fermeli, G., Streftaris, N. og Papathanassiou, E. (2015). Use of ROV for assessing marine litter on the seafloor of Saronikos Gulf (Greece): a way to fill data gaps and deliver environmental education. *SpringerPlus*, 4(1), 463. doi:10.1186/s40064-015-1248-4
- IUCN. (2021 nóvember). Marine plastic pollution. Sótt 13. júní 2022 af <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-plastic-pollution#:~:text=At%20least%2014%20million%20tons,causes%20severe%20injuries%20and%20death>.
- Kammann, U., Aust, M.-O., Bahl, H. og Lang, T. (2018). Marine litter at the seafloor – Abundance and composition in the North Sea and the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 774–780. doi:10.1016/j.marpolbul.2017.09.051
- Katsanevakis, S., Verriopoulos, G., Nicolaïdou, A. og Thessalou-Legaki, M. (2007). Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: A manipulative field experiment. *Marine Pollution Bulletin*, 54(6), 771–778. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.12.016
- Kienitz, A.-T. (2013). *Marine Debris in the Coastal Environment of Iceland's Nature Reserve, Hornstrandir - Sources, Consequences and Prevention Measures*, meistararitgerð. Háskólinn á Akureyri. Sótt af <https://skemman.is/handle/1946/15898>.
- Kühn, S. og van Franeker, J. A. (2012). Plastic ingestion by the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*) in Iceland. *Marine Pollution Bulletin*, 64(6), 1252–1254. doi:10.1016/j.marpolbul.2012.02.027
- Langedal, G., Aarbakke, B., Larsen, F. og Stadig, C. (2020). *CLEAN NORDIC OCEANS - samstarfsnet um að draga úr mengun í hafi og veiðum drauganeta*. Norræna ráðherranefndin. Sótt af <https://www.hafogvatn.is/static/files/fulltext01-is.pdf>.
- Li, W. C., Tse, H. F. og Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the total environment*, 566, 333–349.
- Mallory, M. L. (2008). Marine plastic debris in northern fulmars from the Canadian high Arctic. *Marine Pollution Bulletin*, 56(8), 1501–1504.
- mbl.is. (2021). Allt reynt til að losa troll fast í skipsflaki. *mbl.is*. Sótt 8. nóvember 2021 af https://www.mbl.is/200milur/frettir/2021/11/08/allt_reynt_til_ad_losa_troll_fast_i_skipsflaki/.
- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131–139. doi:10.1016/j.envres.2008.07.025

- Mordecai, G., Tyler, P. A., Masson, D. G. og Huvenne, V. A. I. (2011). Litter in submarine canyons off the west coast of Portugal. *The Geology, Geochemistry, and Biology of Submarine Canyons West of Portugal*, 58(23), 2489–2496. doi:10.1016/j.dsr2.2011.08.009
- Obbard, R. W., Sadri, S., Wong, Y. Q., Khitun, A. A., Baker, I. og Thompson, R. C. (2014). Global warming releases microplastic legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future*, 2(6), 315–320.
- Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K., Wollenberger, L., o.fl. (2009). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364, 2047–62. doi:10.1098/rstb.2008.0242
- PAME. (2021). *Plastic in a bottle: Live map*. Sótt 12. mars 2021 af <https://www.pame.is/projects/arctic-marine-pollution/plastic-in-a-bottle-live-map>.
- Pham, C. K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C. H., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., Davies, J., o.fl. (2014). Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins. *PLoS one*, 9(4), e95839.
- Pierdomenico, M., Casalbore, D. og Chiocci, F. L. (2019). Massive benthic litter funnelled to deep sea by flash-flood generated hyperpycnal flows. *Scientific Reports*, 9(1), 5330. doi:10.1038/s41598-019-41816-8
- Pramila, R. og Ramesh, K. V. (2011). Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by fungi isolated from municipal landfill area. *J. Microbiol. Biotechnol. Res*, 1(131), e136.
- QGIS Development Team. (2021). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.org>
- Reichert, J., Schellenberg, J., Schubert, P. og Wilke, T. (2018). Responses of reef building corals to microplastic exposure. *Environmental Pollution*, 237, 955–960. doi:10.1016/j.envpol.2017.11.006
- Rochman, C. M., Kurobe, T., Flores, I. og Teh, S. J. (2014). Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. *Science of The Total Environment*, 493, 656–661. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.06.051
- Ryan, P. (2015). A brief history of marine litter research. *Marine anthropogenic litter* (bls. 1–28). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-16510-3
- Schneider, F., Lin, H.-T., Hu, C.-S., Hsu, C.-H. og Yen, N. (2022). Volume-based assessment of coastal litter reveals a significant underestimation of marine litter from ocean-based activities in East Asia. *Regional Studies in Marine Science*, 51, 102214. doi:10.1016/j.rsma.2022.102214
- Sigmar Arnar Steingrímsson og Sólmundur T. Einarsson. (2004). *Kóralsvæði á Íslands miðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar beim*. Fjölrítt nr. 110, bls. 45. Hafrannsóknastofnun. Sótt af <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/fjolrit-110.pdf>.
- Steinunn Hilma Ólafsdóttir og Julian Mariano Burgos. (2012). *Friðun kóralsvæða við Ísland og í Norður Atlantshafi /Cold water coral conservation in Iceland and the North Atlantic*. Hafrannsóknir no. 162. Þættir úr vistfræði sjávar 2011, Environmental conditions in Icelandic waters 2011.
- Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Julian Mariano Burgos, Stefán Áki Ragnarsson og Hjalti Karlsson. (2020). *Kóralsvæði við Ísland. Rannsóknir 2009-2012 lýsing – útbreiðsla – verndun*. Haf- og vatnarannsóknir, (HV 2020-31) (bls. 89). Sótt af <https://www.hafogvatn.is/static/research/files/1608027337-hv2020-31.pdf>.
- Teuten, E., Saquing, J., Knappe, D., Barlaz, M., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S., o.fl. (2009). Transport and release of chemicals from plastic to the environment and to wildlife. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364, 2027–45. doi:10.1098/rstb.2008.0284
- Thompson, R. (2007). Plastic debris in the marine environment: consequences and solutions. *Marine Nature Conservation in Europe 2006* (bls. 107–115). Þýskaland, Federal Agency for Nature Conservation.
- Trevail, A. M., Gabrielsen, G. W., Kühn, S. og Van Franeker, J. A. (2015). Elevated levels of ingested plastic in a high Arctic seabird, the northern fulmar (*Fulmarus glacialis*). *Polar Biology*, 38(7), 975–981. doi:10.1007/s00300-015-1657-4
- Umhverfisstofnun. (2020). Niðurstöður vöktunar stranda 2016-2019 (bls. 4). Sótt 30. júní 2022 af <https://ust.is/library/sida/haf-og-vatn/V%c3%b6ktun%20stranda%202016-2019.pdf>.

Van Franeker, J. A., Meijboom, A., De Jong, M. og Verdaat, H. (2009). *Fulmar Litter EcoQO Monitoring in the Netherlands 1979-2007 in relation to EU Directive 2000/59/EC on Port Reception Facilities*. IMARES Report nr. C032/09, bls. 39.

Valtýr Sigurðsson og Pétur Halldórsson. (2019). *Örplast í hafinu við Ísland - Helstu uppsprettur, magn og farvegir í umhverfinu* (bls. 70). BioPol og Náttúrustofa Norðurlands Vestra. Sótt af <https://www.stjornarradid.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=7e3d2666-fbe6-11e9-9450-005056bc4d74>.

de Vries, A. N., Govoni, D., Árnason, S. H. og Carlsson, P. (2020). Microplastic ingestion by fish: Body size, condition factor and gut fullness are not related to the amount of plastics consumed. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110827. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110827

Ward, C. P. og Reddy, C. M. (2020). We need better data about the environmental persistence of plastic goods. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(26), 14618–14621. doi:10.1073/pnas.2008009117

Wei, X.-F., Bohlén, M., Lindblad, C., Hedenqvist, M. og Hakonen, A. (2021). Microplastics generated from a biodegradable plastic in freshwater and seawater. *Water Research*, 198, 117123. doi:10.1016/j.watres.2021.117123

Williams, A., Schlacher, T. A., Rowden, A. A., Althaus, F., Clark, M. R., Bowden, D. A., Stewart, R., o.fl. (2010). Seamount megabenthic assemblages fail to recover from trawling impacts. *Marine Ecology*, 31(s1), 183–199. doi:10.1111/j.1439-0485.2010.00385.x

Wright, S. L., Rowe, D., Thompson, R. C. og Galloway, T. S. (2013). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology*, 23(23), R1031–R1033.

Wright, S. L., Thompson, R. C. og Galloway, T. S. (2013). The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental pollution*, 178, 483–492.

Zettler, E. R., Mincer, T. J. og Amaral-Zettler, L. A. (2013). Life in the “Plastisphere”: Microbial Communities on Plastic Marine Debris. *Environmental Science & Technology*, 47(13), 7137–7146. doi:10.1021/es401288x



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókna- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna