

Laxar fiskeldi ehf.
Umhverfisvöktun 2021

Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hálf dán Helgi Helgason
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA-220229	Dags (mánuður, ár): Maí 2022	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Laxar fiskeldi ehf. - Umhverfisvöktun 2021	Upplag: 3 Síðufjöldi: 33 Fjöldi viðauka: 2	
Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hálf dán Helgi Helgason		
Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf.		
<p>Útdráttur: Frá því að Laxar fiskeldi ehf. hóf starfsemi í Reyðarfirði árið 2017 hefur verið fylgst með áhrifum starfseminnar á sjávarbotn á þremur eldissvæðum (Sigmundarhúsi, Gripalda og Bjarg). Grunnrannsóknir fóru fram á hryggleysingjafánu á þeim eldissvæðum árið 2003. Einnig hafa verið gerðar grunnrannsóknir á næringarefnum og súrefni í strandsjó auk mælinga á heildar kolefni í botnseti (TOC). Árið 2021 fóru eingöngu fram rannsóknir við eldisstöð sem staðsett er við Gripalda og á fuglalífi við Stórhólma. Í skýrslunni er fjallað um niðurstöður mælinga og skynmats á botnseti á skilgreindu nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripalda sem og niðurstöður mælinga og skynmats sem og greininga á hryggleysingjafánu á skilgreindu fjærsvæði við þá stöð. Á árinu 2021 fór einnig fram uppfærsla heimilda um fugla og sjávarspendýr sem nýta haf og strandsvæði í Reyðarfirði sem og vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma.</p> <p>Gagnasöfnun: Sýnataka fór fram við hámark lífmassa við Gripalda. Sýnum af botnseti innan nærsvæðis fiskeldissvæðisins var safnað á sextán stöðum. Sýnum var auk þess safnað á fimm stöðum á sniði í 25 til 500 m fjarlægð frá kvíum á fjærsvæði og einni viðmiðunarstöð. Á öllum sýnatökustöðum voru redox og pH gildi mæld í efstu lögum botnsetsins og sýnum lýst m.t.t. litur, lyktar, áferðar og hvort gasbólur eða hvít skán sæist. Sýni sem tekin voru á nærsvæði voru sigtuð og hryggleysingjar taldir gróflaga og greindir í flokka. Við sniðvöktun á fjærsvæði voru hryggleysingjar greindir ítarlegar til tegunda eða ættkvísla. Allar niðurstöður voru skráðar í gátlista og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi. Þau gildi voru síðan lögð saman og út frá þeirri samlagningu fékk hvert svæði ákveðna einkunn m.t.t. ástands. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = <i>mjög gott</i>, 2 = <i>gott</i>, 3 = <i>slæmt</i> og 4 = <i>mjög slæmt</i>. Nýrra heimilda um fugla og sjávarspendýr var aflað og bætt í gagnagrunna um eldri athuganir sem og að beinar athuganir voru gerðar á varpárangri og varpútbreiðslu lunda í Stórhólma árið 2021. Farnar voru tvær vettvangsferðar út í Stórhólma þar sem Hólminn var genginn og útlínur lundavarpsins kortlagðar og holur taldar á 27 hringsniðum og ábúðarhlutfall kannað.</p> <p>Niðurstöður nærsvæðis vöktunar við Gripalda sýndu að ástand botnsets á eldissvæðinu var í heildina <i>gott</i>. Greina mátti meiri uppsöfnun lífrænna leifa í grynnri hluta eldissvæðisins en þar fengu þrjú sýni einkunnina 4 = <i>mjög slæmt</i> og eitt sýni einkunnina 3 = <i>slæmt</i>. Öll sýni í dýpri hluta svæðisins fengu einkunnina 1 = <i>mjög gott</i> eða 2 = <i>gott</i>. Lykt af brennisteinsvetni (vottur eða sterk) fannst af öllum sýnum nema tveimur og var litur setsins brúnn eða svartur. Dýr sáust í öllum sýnum nema einu og voru burstaormar í mestum þéttleika en skeljar sáust einnig. Þar sem heildarniðurstaða nærsvæðisvöktunar við Gripalda var <i>gott</i> þurfti að virkja sniðvöktun út frá nærsvæðinu.</p> <p>Niðurstöður sniðvöktunar á fjærsvæði við Gripalda sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa er staðbundin og fengu öll sýni sem tekin voru fyrir utan nærsvæðið 1 í einkunn (<i>mjög gott</i>) út frá mælingum og skynmati. Tegundasamsetning hryggleysingjafánunnar næst kvíum þar þess merki að einhver uppsöfnun lífrænna leifa væri að ræða en hryggleysingjafánan í sýnum sem tekin voru lengra frá kvíum var líkari því sem fram kom í bakgrunnrannsóknnum samanborið við sýni næst kvíum. Tegundafjöldi og fjölbreytni reyndist lægst næst kvíunum og á dýpstu stöðinni. Of snemmt er að draga ályktanir út frá samanburði á gögnum fyrir fugla fyrir og eftir að fiskeldi hófst. Ekkert bendir til að fiskeldið hafi bein áhrif á ástand varpstofns lunda í Hólmu sem þó hefur verið sýnt fram á að er mun minni en eldri heimildir bentu til. Mat Náttúrustofunnar er að varpstofn lunda í hólmanum sé 74 (39–106) þör samanborið við eldra mat upp á rúm 11.000 þör. Eldri matið er talið vera gróft ofmat og samkvæmt nýju mati er hámarks fjöldi lundahola og þ.a.l. hámarks fjöldi varppara í Stórhólma 573 (SE 504-643) holur.</p>		
Lykilorð: Gripaldi, hámark lífmassa, vöktun, nærsvæði, snið, botnset, sýni, redox, fuglar, sjávarspendýr, sniðvöktun, fjærsvæði, lundi, æðarfugl	ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
Yfirfarið: Kristín Ágústsdóttir og Bárður Arnaldsson	ISBN nr: 978-9935-9670-0-8 (rafræn útgáfa)	

Efnisyfirlit

Myndaskrá	4
Töfluskrá	5
1. Inngangur	6
2. Aðferðir.....	7
2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni	7
2.1.1 Staðlar og skilgreiningar	7
2.1.2 Sýnatökuaðferðir	8
2.1.3 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati	10
2.1.4 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni.....	11
2.1.5 Töluleg úrvinnsla	12
2.2 Vöktun strandsjávar	13
2.2.1 Næringarefni.....	13
2.2.2 Súrefni.....	14
2.3 Vöktun fugla og spendýra	14
2.3.1 Skilgreiningar, válistar og mikilvæg búsvæði fugla og sjávarspendýra	14
2.3.2 Heimildaöflun um fugla og sjávarspendýr	15
2.3.2 Vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma	15
3. Niðurstöður og umræður	17
3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni.....	17
3.2 Vöktun strandsjávar	21
3.3. Vöktun fugla og sjávarspendýra	21
4. Lokaorð	25
5. Heimildir	26
Viðauki I. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM B).	30
Viðauki II. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæði við Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C).	31

Myndaskrá

1. mynd. Fiskeldissvæði Laxa fiskeldis ehf. í Reyðarfirði. 7
2. mynd. Sýnatökustöðvar (1–16) og ástand sýna við Gripalda í Reyðarfirði við hámark lífmassa Ástandsflokkar: blátt = mjög gott, grænt= gott, gult = slæmt og rautt= mjög slæmt (Standard Norge, 2016; Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni)..... 8
3. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun vegna botnsýna á fimm stöðum (St1–St5) og viðmiðunarstöð (St6) við Gripalda í Reyðarfirði í október 2021 og vegna sjósýna (1–6) í febrúar 2022 og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (As-3)(Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni)..... 9
4. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013). 11
5. mynd. Þrívíddarlíkan af vesturhluta Stórhólma í Reyðarfirði, horft er á eyjuna úr suðri. Svartar línur marka útmörk lundavarpsins eins og það var kortlagt sumarið 2021 (mynd HHH). 16
6. mynd. Hálf dán H. Helgason kannar ábúð lundahola í Stórhólma 01.07.2021 með holumyndavél (mynd Skarphéðinn G. Þórisson). 17
7. mynd. Loðna sem lundar misstu í varpinu í Stórhólma 01.07.2021. Nokkur burður var af loðnu og vakti það athygli athugenda að hrogn mátti sjá í hrygnum (Mynd Skarphéðinn G. Þórisson). 23
8. mynd. Landselskópurinn sem hélt til nærri smábátahöfninni á Reyðarfirði um mánaðarmótin júní–júlí 2021. (Mynd Skarphéðinn G. Þórisson)..... 25

Töfluskrá

Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).....	10
Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)	11
Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016).	12
Tafla 4. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener, $H' \log 2$) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018).	12
Tafla 5. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018).	12
Tafla 6. Hnit, dýpi og lýsing á sextán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B) við Gripalda í september og október 2021.....	18
Tafla 7. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í sextán sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B) við Gripalda í september og október 2021. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka II og III, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis. .	18
Tafla 9. Hnit, dýpi og lýsing á sextán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM C) við Gripalda þann 12. október 2021.	19
Tafla 10. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar $<63 \mu\text{m}$ í sýni, heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvig) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Gripalda þann 12. október 2021.	20
Tafla 11. Niðurstöður á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar, fjölda tegunda og fjölbreytnistuðli Shannon-Wiener ($H' \log 2$) við Gripalda í október 2021. Litir vísa til ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni: blátt=mjög gott, grænt=gott.	20
Tafla 12. sýnir mun á meðaltali (\bar{x}) heildarfjölda einstaklinga ólíkra fuglategunda á tveimur tímabilum, 2012-2016 áður en að starfsemi Laxa hófst í Reyðarfirði og 2017-2021 eftir að starfsemi hófst, á öllum svæðum í Reyðarfirði og Fáskrúðsfirði, ásamt skekkjumörkum (SD) og hlutfallslegri breytingu (%d) meðaltals á milli tímabila.....	22

1. Inngangur

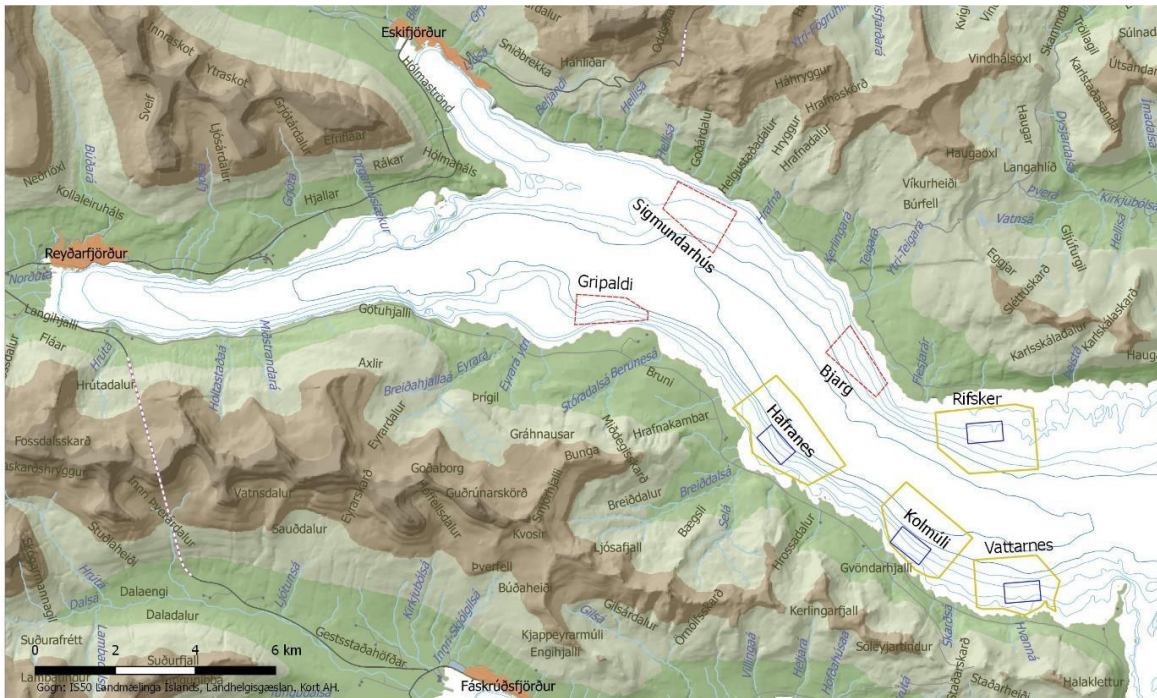
Samkvæmt starfsleyfi Laxa fiskeldis ehf. fer fram reglubundin umhverfisvöktun við fiskeldissvæði fyrirtækisins í Reyðarfirði í samræmi við vöktunaráætlun samþykktri af Umhverfisstofnun. Vaktað er hvort uppsöfnun á lífrænum leifum á sjávarbotni sé innan settra marka, hvort gildi næringarefna og súrefnis í strandsjó séu innan leyfilegra marka og fylgst er með fuglum og sjávarspendýrum við og í nágrenni eldiskvíanna (Umhverfisstofnun, 2012; Umhverfisstofnun á.á; Laxar fiskeldi ehf., 2019).

Laxar fiskeldi ehf. hóf framleiðslu á laxi í Reyðarfirði árið 2017 og er fyrirtækið með starfs- og rekstrarleyfi á sjö eldissvæðum innan Reyðarfjarðar; Gripalda, Sigmundarhúsi, Bjargi Hafranesi, Kolmúla, Vattarnesi og Rifskeri (Umhverfisstofnun, 2020a, Umhverfisstofnun, 2020b) (1. mynd). Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi fiskeldisins veldur.

Grunnrannsóknir fóru fram á botndýralífi á eldissvæðunum við Bjarg, Sigmundarhús og Gripalda árið 2003 (Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson, 2003) og Hafranesi, Kolmúla, Vattarnesi og Rifskeri árið 2016 (Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason, 2017). Þá var tegundasamsetningu hryggleysingjafánu á sjávarbotni lýst á svæðunum og korna-stærð og mælingar á heildar kolefni (TOC) og skynmat gert á botnsetinu. Einnig voru gerðar rannsóknir á næringarefnum og súrefni í sjó (sjá í Björgvin Harri Bjarnason, 2002). Auk þess voru gerðar grunnrannsóknir á afoxunarmætti (redox) og pH gildi í botnseti auk skynmats við Sigmundarhús árið 2018 (Náttúrustofa Austurlands, 2018), Bjarg árið 2019 (Náttúrustofa Austurlands, 2019) og Vattarnes árið 2021 (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2021)

Áður en að starfsemi Laxa fór af stað í Reyðarfirði höfðu ekki farið fram neinar beinar grunnrannsóknir á fuglum og sjávarspendýrum með tilliti til mögulegra áhrifa slíkrar starfsemi. Í matsskýrslu var þó gerð grein fyrir tilvist ýmissa fyrirliggjandi gagna sem liggja fyrir um þessa þætti og m.a. bent á að til séu vetrarfuglatalningar og eldri rannsóknir vegna eldri áætlana um ýmsar framkvæmdir á svæðinu (Þorleifur Eiríksson o.fl. 2017). Í þeirri matsskýrslu var ekki gert ráð fyrir vöktun á fuglum og sjávarspendýrum en sú krafa kom fram í umsögnum Umhverfisstofnunar og Skipulagsstofnunar vegna starfsleyfis fyrirtækisins að vakta skyldi fugla og sjávarspendýr (Skipulagsstofnun, 2018).

Í þessari vöktunarskýrslu eru teknar saman niðurstöður á ástandi botnsets á fiskeldissvæðinu við Gripalda en skýrslurnar í heild sinni má finna í viðaukum I og II. Einnig voru uppfærðar heimildir sem aflað hafði verið um fugla og sjávarspendýr í Reyðarfirði sem teknar voru saman í vöktunarskýrslu Náttúrustofunnar 2021 (Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hálfván Helgi Helgason, 2021) og gerð úttekt á lunda og æðarvarpi í Stórhólma í Hólmanesi.



1. mynd. Fiskeldissvæði Laxa fiskeldis ehf. í Reyðarfirði.

2. Aðferðir

2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

2.1.1 Staðlar og skilgreiningar

Við vöktun á sjávarbotni var unnið eftir *ISO staðli 12878:2012* (Staðlaráð Íslands, 2016) um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis á mjúkbotn sem innleiddur hefur verið á Íslandi, *ISO staðli 16665:2014* (International standard, 2014) um leiðbeiningar á magnbundinni sýnatöku og meðferð sýna á lífríki á mjúkbotni og norskum staðli *NS 9410:2016* (Standard Norge, 2016) um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis í sjó á sjávarbotn. Einnig er leiðbeiningablað Umhverfisstofnunar um gerð vöktunaráætlunar á fiskeldissvæðum haft til hliðsjónar (Umhverfisstofnun, 2012).

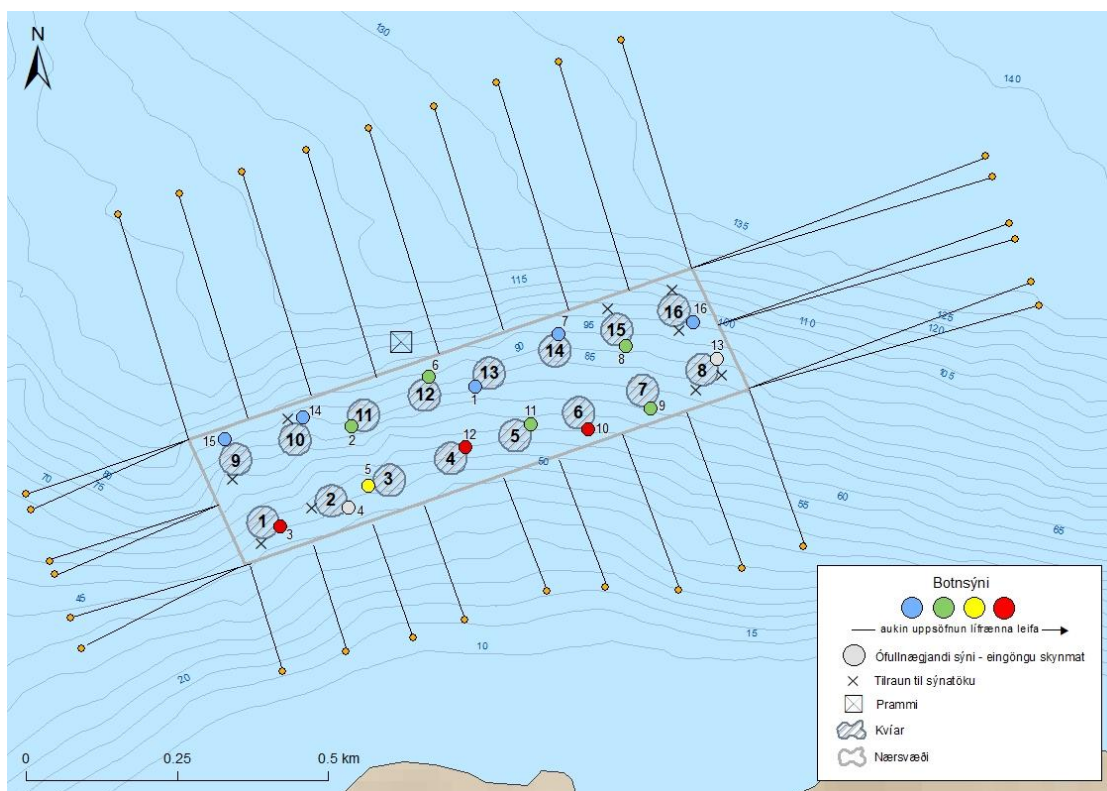
Samkvæmt stöðlunum fer sýnataka og mat á ástandi botnets fyrst fram í nærumhverfi fiskeldissvæðisins, hér eftir kallað nærsvæðisvöktun (MOM B). Nærsvæði er skilgreint sem svæðið undir kvíum og innan við 30 m frá þeim. Ástand setsins í nærumhverfinu er metið með sjónrænum og mældum þáttum sem skila niðurstöðum fljótt. Ef gildin úr þeirri sýnatöku benda til hnignunar í seti vegna uppsöfnunar á lífrænum leifum þá eru sýni einnig tekin í meiri fjarlægð frá kvíum, hér eftir kallað sniðvöktun (MOM C). Í sniðvöktun eru sýni tekin í straumstefnu og þvert á hana og ítarlegri greining er gerð á botndýrum og seti. Tíðni og fjöldi sýnatökustaða og umfang vöktunar er háð lengd eldistíma hverrar kynslóðar, því magni sem alið er innan hvers fiskeldissvæðis hverju sinni og ástandi svæða samkvæmt niðurstöðum umhverfisvöktunar.

Nærsvæðisvöktun (MOM B) var gerð á fiskeldissvæðunum við Bjarg og leiddu niðurstöður þeirra í ljós að virkja þurfti sniðvöktun (MOM C) þar.

2.1.2 Sýnatökuaðferðir

Nærsvæðisvöktun (MOM B)

Botnsýni voru tekin með Van Veen botngreip (0,025 m²). Sýni voru tekin á sextán stöðum við Gripalda (2. mynd). Á hverri stöð var dýpi skráð og sýnatökustaðir hnitsettir. Um leið og sýni kom upp var oxunarmáttur (reduction oxidation reaction) setsins mælt (kallað redox-gildi hér eftir) með Euthech pH 450 mæli og redox/ORP rafskauti frá Thermo Fisher (Thermo Fisher Scientific Inc., 2007), ásamt hitastigi (°C) og pH-gildi sem var mælt með Orion STAR A324 og Ross pH rafskauti. Rafskautum mælanna var stungið u.þ.b. 1 cm ofan í setið. Þegar mælar sýndu stöðug gildi var lesið af þeim. Sýnið var losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert. Í skynmati var metið: hvort lykt af brennistein fyndist af setinu, litur sets, setgerð, þéttleiki sets og mæld þykkt uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæjust í sýni, hvort gasbólur sæjust og hvort hvít skán væri á yfirborðinu. Einnig var rúmmál greipar skráð. Sýnið var síðan sigtað á staðnum með 500 mm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka til grófgreiningar á botndýrum. Dýr sem sáust, þ.e. bustaormar, krabbadýr, skeljar og skrápdýr, voru talin og greind gróflega með hjálp stækkunarglers. Ef mikill fjöldi dýra var í sýninu var einungis talið í hluta sýnisins.



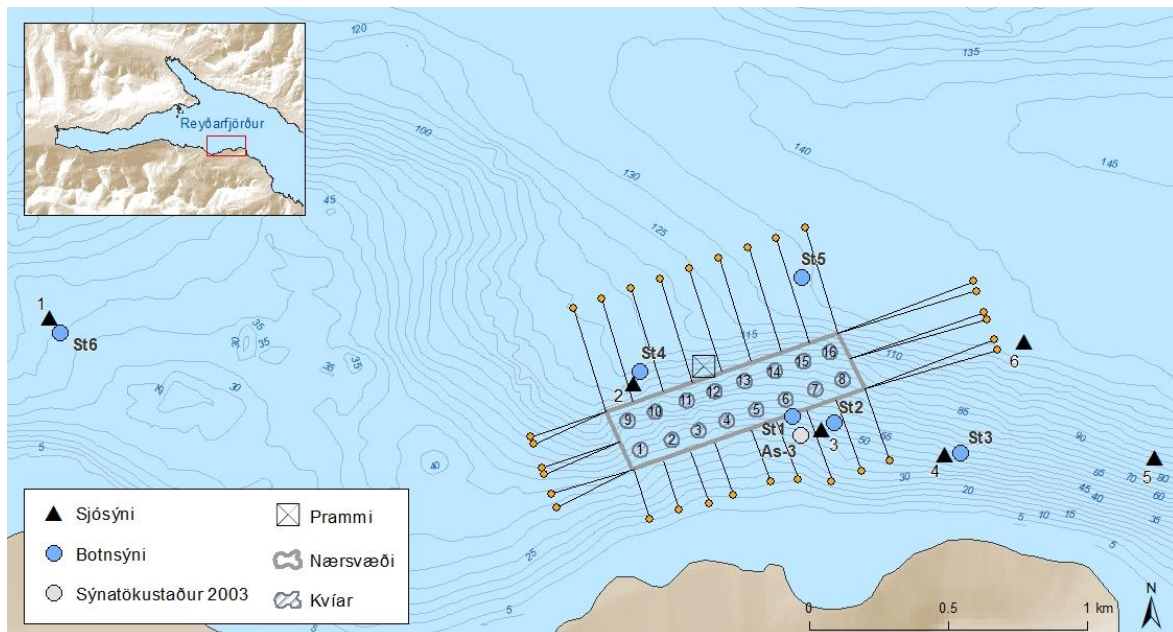
2. mynd. Sýnatökustöðvar (1–16) og ástand sýna á nærsvæði við Gripalda í september og október í Reyðarfirði við hámark lífmassa. Ástandsflokkar: blátt = mjög gott, grænt= gott, gult = slæmt og rautt= mjög slæmt (Standard Norge, 2016; Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

Sniðvöktun (MOM C)

Botnsýni í sniðvöktun (MOM C) voru tekin á fimm stöðvum (St1–St5) út frá nærsvæði eldissvæðisins við Gripalda og einni viðmiðunarstöð (St6) (3. mynd). Sýni voru tekin með Shipek botngreip (0,029 m²) og voru fjögur sýni tekin á hverri stöð, þrjú til tegundagreiningar á hryggleysingjum og eitt til efnagreiningar. Á hverri stöð var dýpi skráð og sýnatökustaðir hnitsettir. Öll sýni til tegundagreiningar á hryggleysingjum voru sigtuð á staðnum með 0,5 mm sigti og þeim komið fyrir í hæfilega stórum sýnadósum. Því næst var 10% formalíni hellt á þau ásamt boraxi til að koma í veg fyrir að kalkhlutar lífvera leystust upp. Eftir nokkra daga var formalíni hellt af sýnunum og 70% etanóli bætt á þau. Sýnin voru síðan send til Náttúrustofu Vestfjarða þar sem dýrin voru talin og þau greind í tegundir/hópa.

Í einu sýni á hverri stöð var redox gildi mælt með Euthech pH 450 mæli og redox/ORP rafskauti frá Thermo Fisher (Thermo Fisher Scientific inc., 2007), ásamt hitastigi (°C) og pH-gildi sem var mælt með Orion STAR A324 og Ross pH rafskauti. Rafskautum mælanna var stungið u.þ.b. 1 cm ofan í setið um leið og sýnið kom upp og lesið af þegar mælarnar sýndu stöðug gildi. Að því loknu var sýnið losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert, þ.e. hvort lykt af brennisteinsvetni (H₂S) fyndist af setinu, hvernig litur þess var, setgerð, þéttleiki sets og þykkt mögulegs uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæist í sýni, hvort gasbólur sæjust og hvort hvít skán væri á yfirborði setsins (Beggiatoa). Einnig var rúmmál greipar skráð.

Sýnum til efnagreininga var safnað þannig að efsta lag setsins, um 2 cm, var skafið af með plastskeið og komið fyrir í sýnadósum og sett í kæli. Sýnin voru fryst við heimkomu og síðar send til efnagreininga á lífrænu kolefni (TOC), heildar köfnunarefni (TN) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI).



3. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun vegna botnsýna á fimm stöðum (St1–St5) og viðmiðunarstöð (St6) við Gripalda í Reyðarfirði í október 2021 og vegna sjósýna (1–6) í febrúar 2022 og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (As-3) (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

2.1.3 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati

Allar niðurstöður sem fengust með athugun á tilvist dýra, mælingum og skynmati voru skráðar í staðlaðan gátlista (Standard Norge, 2016) þar sem hver þáttur sem kannaður var fékk ákveðið gildi (sjá kafla 2.1.2) sem gaf vísbendingu um hversu mikil uppsöfnun var af lífrænum leifum á botninum. Gátlistanum er skipt í þrjú flokka.

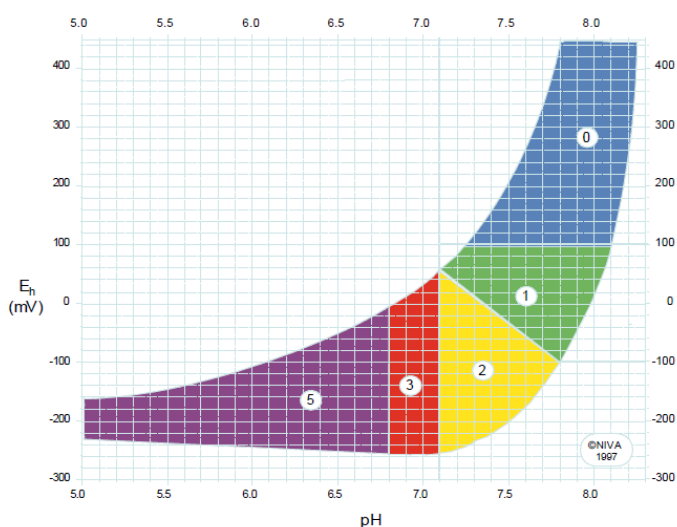
Flokkur I, tilvist dýra: Þar er skráð hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 1).

Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).

	Ásættanlegt	Óásættanlegt
Tilvist dýra	<0,5	>0,5

Flokkur II, mæld gildi (redox/pH): Redox og pH mælingar í botnseti gefa upplýsingar um ástand sets. Redox gefur upplýsingar um oxunargetu setsins (oxunarafoxunarspennu). Þegar redox gildi mælist jákvætt eru O_2 , NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} ráðandi oxarar en þar sem neikvæð gildi mælast eru SO_4^{2-} og CO_2 oxarar á lífrænt efni (Aller, 2004). Til að staðla redox gildin þarf að umreikna mæld gildi (E_{SHE}) með því að bæta við gildi samkvæmt leiðbeiningum sem fylgja með rafskautinu, en þau gildi eru háð hitastigi (Thermo Fisher Scientific inc., 2007). Rétt gildi fæst með jöfnunni $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$. Umreikningar eru gerðir til að redox gildin séu samanburðarhæf við aðrar rannsóknir og þekkt gildi í botnseti (t.d. Hargarve o.fl. 2008; Zettler o.fl., 2007; Wildish o.fl. 2001; Brooks o.fl. 2003).

Umreiknuð redox og pH gildin eru síðan mátuð við ástandskvarða (4. mynd) sem ákvarðar ástand setsins út frá redox og pH mælingunum. Ástand setsins er lakara eftir því sem redox og pH gildi mælast lægri (Standard Norge, 2016). Hvert sýni fær ákveðna einkunn eftir því hvar það lendir á myndinni og eru ástandsflokkarnir fimm: 0=*mjög gott* (*bakgrunnsgildi*), 2 = *gott*, 3 = *slæmt*, 4= *mjög slæmt* og 5= óásættanlegt (4. mynd).



4. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013).

Flokkur III, skynmat. Ástand sets út frá skynmati tekur til sex þátta þ.e. gasbólna, lits, lyktar, áferðar sets, rúmmáls greipar og þykkt grots og fær hver þáttur ákveðna einkunn. Ef *gasbólur* eru til staðar gefur það 4 stig, engar gasbólur gefa 0 stig; *ljóst/grátt set* gefur 0 stig, brúnt / svart set gefur 2 stig; engin *lykt* gefur 0 stig, vottur af lykt 2 stig og sterk lykt 4 stig; *þétt set* gefur 0 stig, mjúkt 2 stig og laust 4 stig; *rúmmál greipar* minna en $\frac{1}{4}$ gefur 0 stig, rúmmál milli $\frac{1}{4}$ og $\frac{3}{4}$ gefur 1 stig og rúmmál yfir $\frac{3}{4}$ gefur 2 stig; *uppsöfnun lífræns efnis* sem er minna en 2 cm gefur 0 stig, á milli 2 og 8 cm gefur 1 stig og yfir 8 cm gefur 2 stig. Summa allra þessara þátta er síðan margfölduð með fasta sem er 0,22 og fæst þá ástand sýnis út frá skynmati.

Loks er meðaltal gilda úr flokki II og III fengin og hvert sýni og svæðið í heild fær einkunn samkvæmt mældum gildum og skynmati. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = *mjög gott*, 2 = *gott*, 3 = *slæmt* og 4 = *mjög slæmt* (Tafla 2) (Standard Norge, 2016).

Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)

	1 Mjög gott	2 Gott	3 Slæmt	4 Mjög slæmt
Meðaltal mældra gilda og skynmats	<1,1	1,1–<2,1	2,1–<3,1	≥3,1

2.1.4 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni

Við mat á ástandi út frá hryggleysingjum er horft til þéttleika hryggleysingja (fjöldi/ m^2), fjölda tegunda og hlutfallslegan þéttleika einstakra tegunda og eru ástandsflokkarnir fjórir: 1 = *mjög gott*, 2 = *gott*, 3 = *slæmt* og 4 = *mjög slæmt* (Tafla 3) (Standard Norge, 2016).

Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016).

	1	2	3	4
	Mjög gott	Gott	Slæmt	Mjög slæmt
Fjöldi tegunda	>20	5–19	1–4	0
Hlutfall (%) algengustu tegundarinnar	<65%	<90%	>90%	

Til að meta ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni var stuðst við norsk viðmið (Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 4) þar sem ekki er búið að móta slík viðmið hér á landi. Einnig var horft til viðmiðunaraðstæðna fyrir fjölbreytni botnlægra hryggleysingja við Ísland (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019). Ef Shannon Wiener ($H', \log 2$) er 4 eða hærra þá er talið að ástand botns endurspegli gildi sem má finna á öröskuðum svæðum.

Tafla 4. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener, $H', \log 2$) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018).

	1	2	3	4
	Mjög gott	Gott	Slæmt	Mjög slæmt
Shannon Wiener ($H', \log 2$)	>4	4–3	2–1	<1

Sýnum til efnagreininga var safnað þannig að efsta lag setsins, um 2 cm, var skafið af með plastskeið og komið fyrir í plastdöllum og sett í kæli. Sýnin voru fryst við heimkomu og síðar send til Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands til efnagreininga á lífrænu kolefni (TOC), heildarmagni köfnunarefnis (TN) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI). Við mat á ástandi botnsets út frá lífrænu kolefni var stuðst við norsk viðmið (Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 5). Ekki eru til slík viðmið á Íslandi. Gildin eru fengin með formúlunni: $TOC_{63} = TOC_{mg/g} + 18 * (1 - P < 63 \mu m)$.

Tafla 5. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018).

		1	2	3	4	5
		Mjög gott	Gott	Meðal	Slæmt	Mjög slæmt
TOC ₆₃	Heildarmagn lífræns kolefnis miðað kornastærð (% silt og leir, <63 µm)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

2.1.5 Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert sýni (greip 290 cm²) var þéttleiki hryggleysingja reiknaður út sem fjöldi dýra á fermetra (dýr/m²). Meðalþéttleiki hvernar tegundar hryggleysingja var reiknaður út frá öllum greipum viðkomandi stöðvar og heildarþéttleiki hryggleysingja var því samanlagður meðalþéttleika allra tegunda innan hvernar stöðvar. Hlutfall (%) hvernar tegundar innan stöðvar var reiknaður út frá heildarþéttleika viðkomandi tegundar á móti samanlögðum heildarþéttleika allra tegunda á viðkomandi stöð. Fjöldi hryggleysingjategunda fyrir hverja stöð var talinn og fjölbreytni og jafnræði reiknuð út fyrir hverja stöð með Shannon-Wiener H' fjölbreytnistuðli ($H', \log 2$) (Magurran, 2004) og einsleitnistuðli Pielou's J' .

Þráðormum (Nematoda) var sleppt við útreikninga á fjölbreytni og jafnræði (Staðlaráð Íslands, 2016).

Shannon-Wiener fjölbreytnistuðull H' er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

þar sem s er fjöldi tegunda og p_i er hlutdeild af heildarsýni sem tilheyrir tegund i . Þessi stuðull er mikið notaður við vistfræðirannsóknir og hækkar eftir því sem fjölbreytni eykst.

Einsleitnistuðull Pielous J' , er nátengdur Shannon-Wiener stuðlinum, en sýnir hvort jafnræði er milli tegunda innan sýnisins, eða hvort ein eða fáar tegundir séu sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar eftir því sem tegundum fækkar. Þegar einungis ein tegund er í sýnum þá verða báðir þessir stuðlar núll.

Einsleitnistuðull Pielous J' er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Fyrir hverja stöð var vísitala skyldleika (*Bray-curtis similarity coefficient*) reiknuð út til að kanna hversu líkar stöðvar voru hvað varðar tegundasamsetningu hryggleysingja og þéttleika. Greiningin reiknar út hversu margar tegundir/hópar eru sameiginlegar milli stöðva og gefur gildi frá 0 til 1, þar sem 0 táknar að þær tvær stöðvar sem er verið að bera saman hafi enga tegund sameiginlega (100% ólíkar) en 1 táknar að allar tegundir hafi verið sameiginlegar (100% líkar). Niðurstöðurnar eru settar fram sem prósentu (%) af sameiginlegum tegundum milli stöðva. Klasagreining (*hierarchical cluster analysis with group - average linking*) var notuð til að flokka stöðvar saman í hópa eftir því hversu líkar þær eru en vísitala skyldleika er notuð til þess.

Útreikningar á þéttleika hryggleysingja voru gerðar í forritinu R, útgáfa 3.6.2 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016) með pakkanum *dplyr* útgáfu 1.0.7 (Wickham, 2021). Til að teikna gröf var pakinn *ggplot2*, útgáfa 3.2.1 (Wickham, 2016) notaður. Við útreikninga á fjölbreytnistuðlum var notast við *Benthos* pakkann útgáfa 1.3-6 (Walvoort, 2019) og til að reikna út vísitölu skyldleika (Bray-curtis) og klasagreiningu var notast við pakkann *Vegan* útgáfa 2.6-2 (Oksanen o.fl., 2022).

2.2 Vöktun strandsjávar

2.2.1 Næringarefni

Sýnum til mælinga á næringarefnum í strandsjó var safnað á fimm stöðum þann 11. febrúar 2022 (3. mynd). Tvö sýni á hverri stöð voru tekin á 10 m dýpi með Niskin sjótaka (1,7 L) frá Hydrobios og sett í sýruþvegnar flöskur (25 ml). Sýnunum var komið fyrir í kælitösku og fryst við heimkomu og síðar send til Hafrannsóknastofnunar þar sem þau voru mæld samkvæmt stöðluðum aðferðum. Mælt var styrkur nítrats (NO_3), nítríts (NO_2),

fosfats (PO₄), kísils (Si) og ammoníum (NH₄). Aðferðir við mælingar á fosfat voru samkvæmt aðferðum Murphy og Riley (1962). Fyrir nítrat, nítrít og kísil var fylgt aðferðum samkvæmt Grasshoff (1970) og fylgt var aðferðum samkvæmt Holmes o.fl., (1999) fyrir ammoníum (Alice Benoit-Cattin, tölvupóstur þann 31. mars 2021). Við mælingu á nitrati mælist einnig nítrít (NO₂) í sýninu og fékkst því mæling á heildar oxuðu köfnunarefni. Sjórinn á grunnsævi á þessum árstíma er að öllu jöfnu uppblandaður og því líklegt að styrkur næringarefna sé sá sami frá yfirborði og niður á botn (Sólveig R. Ólafsdóttir, tölvupóstur þann 14. janúar 2021) og því var sýni á 10 m dýpi látið duga.

2.2.2 Súrefni

Ekki var unnt að mæla súrefni við Gripalda þegar hámark lífmassa var en það verður gert þegar svæðið hefur verið hvílt og áður en næsta kynslóð fer út.

2.3 Vöktun fugla og spendýra

Núverandi vöktunar- og rannsóknaráætlun varðandi vöktun fugla og spendýra fánu í Reyðarfirði miðar að því að taka saman efni sem nú þegar er til í gagnagrunnum frá talningum, skýrslum, greinum og öðrum upplýsingum. Gagnagrunnur um talningar og útgefið efni var uppfærður en eftir því sem árin líða bætist við þá þekkingu og samanburður við ástand fyrir og eftir að starfsemi Laxa hófst verður skýrari. Varp lunda í Stórhólma er vaktað með talningum og litið er eftir skilgreindu sellátri á og við Hólmanes í Reyðarfirði (Gunnhildur Ingibjörg Georgsdóttir o.fl., 2018).

2.3.1 Skilgreiningar, válistar og mikilvæg búsvæði fugla og sjávarspendýra

Engar almennar leiðbeiningar liggja fyrir um hvernig beri að vakta fuglalíf og spendýr í upplýsingum um vöktunaráætlanir fiskeldisstöðva (Umhverfisstofnun 2012). Þó hefur Umhverfisstofnun tilgreint mikilvægi þess að fylgjast með tegundum sem eru skilgreindar í bráðri hættu (CR) samkvæmt válista Náttúrufræðistofnunar Íslands (2018a). Eins hafa bæði Skipulagsstofnun og NÍ í umsögnum sínum vegna fyrirhugaðra fiskeldisáforma fjallað um að fylgst sé með fuglalífi og sjávarspendýrum þá sérstaklega landsel í nágrenni eldissvæða (sjá t.d. Náttúrufræðistofnun Íslands 2018b).

Fuglar sem eru í CR áhættuflokki, þ.e. í bráðri hættu, samkvæmt válista NÍ (2018a) eru fjöruspói (*Numenius arquata*), lundi (*Fratercula arctica*) og skúmur (*Catharacta skua*). Af þeim er eingöngu lundi í Reyðarfirði svo heitið geti. Fjöruspói er einkum hér á landi sem vetrargestur, en hann er ekki algengur í Reyðarfirði og hefur t.d. einungis sést einn fugl einu sinni í vetrarfuglatalningum á árabílinu 2002-2021 (Náttúrufræðistofnun Íslands 2022). Skúmar hafa ekki komið fram í reglulegum talningum eða skráningum en hafa þó sést örsjaldan, helst á fartíma að vori og hausti (Náttúrustofa Austurlands óbirt gögn, munnlegar upplýsingar Háfdán H. Helgason og Páll Leifsson, Erlín E. Jóhannsdóttir o.fl., 2017). Lundar eru aftur á móti nokkuð algengir í Reyðarfirði frá vori fram á haust, en heimildir herma að um 11.000 pör verpi í Hólum í Reyðarfirði, önnur 11.000 pör eru talin verpa í Seley og 149.000 pör í Skrúð (Arnþór Garðarsson og Erpur Snær Hansen í undirbúningi). Matið fyrir stærð lundavarpisins í Hólum er óbirt og því má kalla það bráðabirgðamat en er samt sem áður grunnforsenda þess að Hólmar eru skilgreint sem alþjóðlega mikilvæg sjófuglabyggð þar sem þar voru talin verpa meira en 10.000 pör (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl., 2016).

Svæði í Hólmunum sunnanvert við Hólmanes í Reyðarfirði er skilgreint sem látur landssels (*Phoca vitulina*) skv. Náttúrufræðistofnun Íslands (Gunnhildur Ingibjörg Georgsdóttir o.fl., 2018). Látur er þar skilgreint sem: strandsvæði sem selir leita á til að kæpa, sinna uppeldi kópa, hafa feldskipti og hvílast. Mögulegt látur í Hólmanesi er hluti af stærra talninga-svæði sem nær frá Dalatanga til Reyðarfjarðar.

2.3.2 Heimildaöflun um fugla og sjávarspendýr

Við öflun heimilda var annars vegar stuðst við heimildasafn sem byggst hefur upp á Náttúrustofu Austurlands og annarra stofnana og hins vegar við leitarvefi. Nokkuð viðamiklar heimildir eru til um fuglalíf í Eskifirði og Reyðarfirði, bæði útgefnar á skýrsluformi eða í greinum, auk tilfallandi athuganna oft á dagbókarformi. Í vöktunarskýrslu ársins 2020 (Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hálfván Helgi Helgason, 2021) var farið í nokkuð ítarlega umfjöllun á fuglum og tegundir listaðar upp þar sem þau gögn voru í mörgum tilvikum ekki áður aðgengileg á skýrsluformi. Sú samantekt var ekki tæmandi, sér í lagi þegar kemur að flækingsfuglum og var þeim að mestu sleppt nema ef um ræddi tegundir sem nýta sér sjó- eða strandsvæði sér til viðurværis.

Upplýsingar um niðurstöður vetrarfuglatalninga Náttúrufræðistofnunar Íslands (2022) frá 2002-2021 má finna í vöktunarskýrslu ársins 2020 (Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hálfván Helgi Helgason, 2021). Ekki er ástæða til að birta frekari samantektir fyrr en frekari niðurstöður liggja fyrir.

Gögn um fugladauða á kvísvæðum voru fengin úr gæðaskráningakerfi Laxa (Laxar, tölvupóstur til höfunda, 27. apríl 2022).

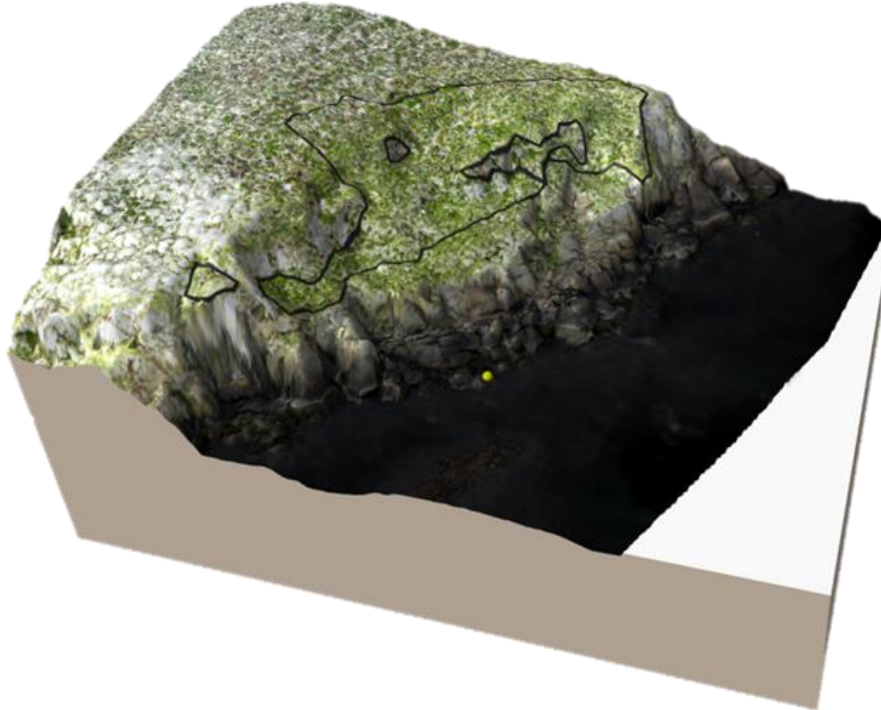
Litlar upplýsingar fundust um seli eða sellátur sem og hvali í Reyðarfirði en stuðst var við óreglulegar talningar á sjávarspendýrum sem Páll Leifsson hefur gert samhliða vetrarfuglatalningum fyrir NÍ. Jafnframt var talað við umsjónarmann æðarvarpsins í Hólmunum, Elías Jónsson og upplýsinga aflað um fjölda æðarhreiðra og viðveru sela í og við Hólma.

2.3.2 Vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma

Farnar voru tvær ferðir í Stórhólma. Í fyrri ferðinni 20. apríl 2021 fóru Hálfván H. Helgason, Rán Þórarinsdóttir og Elías Jónsson umsjónarmaður æðarvarpsins. Lygnt var, hlýtt í veðri (10-15 °C) og heiðskýrt. Markmið ferðarinnar var að ganga og kortleggja nákvæmar útlínur lundavarpsins en árið áður var hólminn í heild sinni kortlagður með flygildi, (DJI Mavic air), (sjá nánar um aðferðafræði í Erlín Jóhannsdóttir og Hálfván Helgason 2021). Þær myndir sem teknar voru í fluginu voru unnar í loftmyndabekju (e. ortho mosaic image) í 1.2 cm/px upplausn og þrívíddarlíkan (5. mynd) í sömu upplausn með forritinu Open Drone Map (Open Drone Map 2017). Líkanið var svo notað til að meta flatarmál lundavarps í eygni í forritinu QGIS (QGIS Development Team 2020). Í sömu ferð voru lundaholur taldar á 27 hringsniðum, sjö 21,2 m² að flatarmáli og tuttugu 7,1 m² sniðum en stærð sniða fór eftir því hverju var hægt að koma við innan marka varpsins. Á öllum sniðum var reynt að ákvarða hlutfall ábúðarhæfra hola, þ.e. holur dýpri en 50 cm og ábúðarhlutfall út frá ummerkjum við holu munna, þ.e. hvort útgröftur, krafs eða troðinn gróður væru sýnileg við holunum sem benti þá til þess að hola væri í ábúð.

Í seinni ferð sem farin var 1. júlí 2021 var ábúð metin með holumyndavél búinni innrauðum ljósdíóðum, sem fengin var að láni frá Marinó Sigursteinssyni í Vestmannaeyjum. Þá ferð fóru Hálfván H. Helgason, Skarphéðinn Þórisson og Páll Leifsson, í blíðskaparveðri (6. mynd). Holur sem merktar voru í fyrri heimsókn voru kannaðar aftur með

betur útbúinni holumyndavél, þ.e. lengri sem sú sem áður var notuð, með vel sveigjanlegum barka, hærri upplausn og innrauðum díóðum. Þannig var betur hægt að meta hvort að hola væri í ábúð auk þess sem að betur gekk að meta svo kallað stubbahlutfall, þ.e. hlutfall hola sem eru svo stuttar, < 0.5 m, að þær teljast ekki nýtanlegar fyrir lunda.



5. mynd. Þrívíddarlíkan af vesturhluta Stórhólma í Reyðarfirði, horft er á eyjuna úr suðri. Svartar línur marka útmörk lundavarpsins eins og það var kortlagt sumarið 2021 (mynd HHH).



6. mynd. Hálfván H. Helgason kannar ábúð lundahola í Stórhólma 01.07.2021 með holumyndavél (mynd Skarphéðinn G. Þórisson).

3. Niðurstöður og umræður

3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

Nærsvæðisvöktun (MOM B)

Heildareinkunn svæðisins við Gripalda var 2 eða *gott* út frá mælingum og skynmati alls 14 sýna. Niðurstöður ástandsmatsins leiddu í ljós að fimm sýni fengu einkunnina 1 (*mjög gott*), fimm sýni einkunnina 2 (*gott*), eitt sýni einkunnina 3 (*slæmt*) og þrjú einkunnina 4 (*mjög slæmt*) (2. mynd og Tafla 7). Þar sem heildareinkunn svæðisins við Gripalda var lakara en 1 = *mjög gott* þurfti að fara í sniðvöktun út frá nærsvæðinu (Standard Norge, 2016). Sextán kvíar voru á svæðinu og voru tekin sýni við þær allar (2. mynd). Botngerðin var á flestum stöðum fínn sandur og silt en einnig komu upp smásteinar og skeljabrot (viðauki II). Dýpi sýnatökustöðva var frá 50–100 m (Tafla 6). Í fimm tilvikum þurfti fleiri en eina tilraun til að ná upp sýnum (Viðauki I).

Dýr sáust í öllum sýnum nema á stöð 3 þar sem mælingar og skynmat gáfu til kynna mjög slæmt ástand (Tafla 7 og viðauki I). Burstaormar voru í öllum tilvikum í mestum þéttleika en einnig sáust skeljar (kræklingur) í fjórum sýnum og krabbadýr í einu sýni (Viðauki I).

Redox gildi mældust frá -170,0–161,5 mV og pH gildi frá 5,49–7,79. Sýnin voru öll svört að lit. Lykt af brennistein fannst í öllum sýnum nema tveimur (stöðvar 15 og 16) og (Tafla 7). Fóðurleifar sáust í níu af sextán sýnum. Gasbólur sáust og hvít skán sem myndast af bakt-eríum (Beggiatoa) sem lifa við súrefnisfirrtar aðstæður sást í sýnum nr. 3 og 12.

Uppsöfnun lífrænna leifa var < 2 cm í flestum sýnum en í tveimur (3 og 12) mældist það >8 cm og í sýni 4 2–8 cm. Lykt (vottur) af brennisteinsvetni (H₂S) fannst af átta sýnum og

sterk lykt fannst af fimm sýnum (3, 4, 5, 11 og 12) en engin lykt fannst af tveimur sýnum (15 og 16).

Tafla 6. Hnit, dýpi og lýsing á sextán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B) við Gripalda í september og október 2021.

Dags	Sýni	Kví nr	Hnit		Dýpi
			LAT (DD)	LONG (DD)	
8.9.2021	1	13	65.01349	-13.94403	80
	2	11	65.01299	-13.94867	80
	3	1	65.01161	-13.95161	50
	4	2	65.01185	-13.94931	50
	5	3	65.01210	-13.94830	50
	6	12	65.01354	-13.94590	90
	7	14	65.01407	-13.94122	95
	8	15	65.01380	-13.93887	90
	9	7	65.01286	-13.93817	75
	10	6	65.01261	-13.94043	65
	11	5	65.01278	-13.94260	65
	12	4	65.01252	-13.94491	60
12.10.2021	13	8	65.01354	-13.93571	90
	14	10	65.01303	-13.95068	80
	15	9	65.01275	-13.95299	81
	16	16	65.01408	-13.93662	100

Tafla 7. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í sextán sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B) við Gripalda í september (sýni 1–12) og október (sýni 13–16) 2021. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka II og III, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis.

Dags	Sýni	Kví nr	Flokkur I	Flokkur II			Flokkur III	Meðaltal flokka II og III	Ástand sýna
			Tilvist dýra*	Mæld gildi			Skynmat		
			Dýr	PH	Redox mV (Eh 1)	Eh/pH**	Skynmat***		
8.9.2021	1	13	0	7,23	28,0	1	0.9	0.9	1
	2	11	0	7,28	-20.6	2	0.9	1.4	2
	3	1	1	5,49	-96	5	4.0	4.5	4
	4	2	0	EM	EM		1.5		
	5	3	0	6,80	-120.3	3	1.8	2.4	3
	6	12	0	7,27	-18	2	0.9	1.4	2
	7	14	0	7,31	24.6	1	0.9	0.9	1
	8	15	0	7,30	-6	2	0.9	1.4	2
	9	7	0	7,11	-32	2	1.1	1.6	2
	10	6	0	6,77	-139	3	2.2	2.6	4
	11	5	0	7,22	-102	2	1.8	1.9	2
	12	4	0	6,10	-170.0	5	3.5	4.3	4
12.10.2021	13	8	0	7,74	EM		1.3		
	14	10	0	7,74	84.7	1	0.9	0.9	1
	15	9	0	7,79	161.5	0	0.4	0.7	1
	16	16	0	7,25	153.0	0	0.4	0.2	1

*0=já, 1=Nei

** Ástand sýna út frá 2. mynd

*** Gildi sem fást með skynmati (tilvist gasbóla, litar, lyktar, áferðar, rúmmal greipar og bykkt grots)

ásamt margföldunarstuðli 0,22

Heildareinkunn svæðis

2

Nánar má sjá niðurstöður fyrir alla þætti í rannsóknunum við hámark lífmassa í viðauka I.

Sniðvöktun (MOM C)

Niðurstöður mældra gilda og skynmats í sniðvöktun við Gripalda voru að öll sýni fengu einkunnina 1 sem telst mjög gott og var heildareinkunn svæðisins 1 eða mjög gott (Viðauki II). Dýpi sýnatökustöðva í sniðvöktun (MOM C) var 51–137 m, grynnt á stöð 6 en dýpst á stöð 5. Setgerð á botni reyndist sandur og silt á stöðvum 1 og 2 en leir og silt á öðrum stöðvum. Það vottaði fyrir lykt af brennisteinsvetni (H₂S) af sýnum á stöðvum 1 og 2 en engin lykt fannst af öðrum sýnum (Tafla 8).

Tafla 8. Hnit, dýpi og lýsing á sextán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM C) við Gripalda þann 12. október 2021.

Stöðvar	Dags	Hnit		Dýpi (m)	Lykt af H ₂ S	Setgerð	Litur og áferð
		Lat	Long				
1	12.10.2021	65.01236	-13.94029	59	Vottur	Sandur	Brún/svört, þétt
2		65.01201	-13.93749	52	Vottur	Sandur/silt	Brún/svört, þétt
3		65.01080	-13.92839	63	Engin	Leir/silt	Ljós/grá, þétt
4		65.01400	-13.95210	110	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
5		65.01695	-13.93882	137	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
6		65.01713	-13.99587	51	Engin	Leir/silt	Ljós/grá, þétt

Gildi pH mældist á bilinu 7,29 til 7,73 ekki var unnt að mæla pH á stöð 5. Redox-gildi voru á bilinu 68 til 327 mV. Fimm sýni voru með gildi hærri en 100 mV og má búast við þeim gildum á öröskuðum svæðum. Sýni á stöð 2 mældist með gildi sem gefa vísbendingu um að hnignun sé í setinu en það sýni var tekið sunnan við kvíaröðina í straumstefnu (í 55 m fjarlægð frá kví). Hæsta gildið mældist á sýnatökustað 3 sem var í um 500 m fjarlægð í suðaustur frá kvíastæðinu (3. mynd).

Lífrænt kolefni (TOC) mældist frá 7–16 mg/g lægst á stöð 2 og hæst á stöð 5. Heildar lífrænt kolefni leiðrétt fyrir kornastærð (nTOC) var frá 8–22 mg/g lægst á stöð 2 þar sem hlutfall kornastærðar <63 µm var lægst (8,4%) en mest á viðmiðunarstöð (stöð 6) þar sem hlutfall kornastærðar <63 µm var hæst (41,9%). Ástand sets út frá lífrænu kolefni var mjög gott eða gott á öllum stöðvum miðað við norska staðla (Iversen & Sandøy, 2018). Heildarmagn köfnunarefnis (TN mg/g) í seti mældist 0,72–2,00 og heildarmagn lífrænna leifa (LOI, %) var frá 6,48–8,57% af þurrefni (Tafla 9).

Tafla 9. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar <63 µm í sýni, heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvigti) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Gripalda þann 12. október 2021.

Stöð	Fjarl. frá kví	pH	Redox	TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	TN mg/g
1	25	7,55	214,1	10	25,1	15	4,72	0,90
2	55	7,73	68,0	7	8,4	8	4,38	0,72
3	500	7,45	327,4	8	16,7	11	4,44	0,93
4	200	7,29	103,6	8	19,1	12	4,64	0,77
5	55	EM	124,5	16	31,2	22	8,61	2,00
6	1000	7,33	116,9	15	41,9	22	6,75	1,00

*Heildarmagn lífræns kolefnis miðað við kornastærð (% silt og leir, <63 µm)

Mat á ástandi svæðisins út frá hryggleysingjafánu (fjöldi tegunda, hlutfalli algengustu tegundarinnar og Shannon-Wiener fjölbreytni ($H' \log_2$)) sýndi að ástand hryggleysingjafánu var mjög gott á öllum stöðvum út frá hlutfalli algengustu tegundarinnar. Út frá fjölda tegunda var ástandið gott á stöðvum 1 og 5 en mjög gott á öðrum stöðvum. Ef horft er til fjölbreytileika Shannon's ($H' \log_2$) var ástandið gott á öllum stöðvum (Tafla 10). Minnst jafnræði milli tegunda var á stöð 3 en þar var *Maldane sarsi* ríkjandi tegund með 30% hlutdeild af heildarfjölda hryggleysingja. Ekki eru til viðmið hvað jafnræðisstuðul varðar. Jafnræði var mest á dýpstu stöðinni (stöð 5) en svipuð á öðrum stöðvum eða frá 0,81–0,87 (Tafla 10). Burstaormategundin *Capitella capitata* sem er notuð sem vísitægund fyrir svæði sem eru undir álagi af uppsöfnun lífrænna leifa t.d. frá fiskeldi (Pearson og Rosenberg, 1978; Borja o.fl., 2000; Rygg, 2002; Dean, 2008). Var í mestum þéttleika (839 einst./m² og 28% hlutdeild) á stöð 1 sem er næst kvíum og þriðja algengasta tegundin á stöð 4 (466 einst./m² og 11% hlutdeild). Hún fannst einnig á stöðvum 3 í straumstefnu frá kvíum en í litlum þéttleika.

Tafla 10. Niðurstöður á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar, fjölda tegunda og fjölbreytnistuðli Shannon-Wiener ($H' \log_2$) við Gripalda í október 2021. Litir vísa til ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni: blátt=mjög gott, grænt=gott.

Stöð	Algengasta tegundin	Hlutfall (%)	Fjöldi tegunda*	Shannon ($H' \log_2$)	Pielous (J')
1	<i>Capitella capitata</i>	28	10	3	0,82
2	<i>Chetozone setosa</i>	19	24	4	0,81
3	<i>Maldane sarsi</i>	30	44	4	0,74
4	<i>Chetozone setosa</i>	25	23	4	0,81
5	<i>Prionospio steenstrupi</i>	21	14	3	0,90
6	<i>Chetozone setosa</i>	18	24	4	0,87

*Að undanskildum þráðormum

Breyting hefur orðið í tegundasamsetningu hryggleysingjafánu næst kvíum en fjær kvíum er lífríkið líkara því sem fyrir var (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2021; Þorleifur Eiríksson o.fl. 2003). Þær niðurstöður styrkja þær ályktanir að uppsöfnin sé fremur staðbundin og virðist ekki hafa mikil áhrif á botndýr utan nærsvæði eldissvæðisins.

Nánari upplýsingar um niðurstöður sniðvöktunar við Gripalda má finna í viðauka III.

3.2 Vöktun strandsjávar

Niðurstöður á styrk næringarefna í sjósýnum við Gripalda hafa ekki borist frá Hafrannsóknastofnun og verður gert grein fyrir þeim í sér skýrslu eða með öðrum rannsóknum sem fara fram árið 2022 við eldissvæðin.

3.3. Vöktun fugla og sjávarspendýra

Heimildaöflun um fuglalíf

Við samanburð á heimildum sem til eru um fugla, aðallega vetrarfuglatalningum, fyrir og eftir að starfsemi Laxa hófst var ákveðið að líta einnig til Fáskrúðsfjarðar, enda stutt á milli þessara fjarða fyrir fugla og Skróður, mikilvægt fuglasvæði er í mynni Fáskrúðsfjarðar. Samanburðurinn er skammt á veg komin og breytileiki á milli ára innan svæðanna mikill eins og sjá má á víðum staðalfrávikum (Tafla 11). Margar tegundirnar er að finna í litlum þéttleika og hlutfallslegar breytingar á milli tímabila því miklar þó að fjöldi einstaklinga breytist lítið, eins og t.d. haftyrdill og gulönd. Aftur á móti má sjá að nokkuð algengum tegundum t.d. hröfnum og dúfum fjölga töluvert, hröfnum um 122% á Reyðarfirði og 168% á Fáskrúðsfirði og dúfum fjölga um 83% á Reyðarfirði og 125% á Fáskrúðsfirði. Eins virðast stórum fiskiætum á borð við dílaskarfa og súlum fjölga en taka verður fram að þetta eru bráðabirgða niðurstöður sem á eftir að greina frekar. Það vekur þó óneitanlega athygli hvað mikið sást af álku í Reyðarfirði veturinn 2021 en þá töldust 2948 fuglar í firðinum en á árabílinu 2002–2020 töldust mest 243 einstaklingar árið 2017.

Tafla 11. sýnir mun á meðaltali (\bar{x}) heildarfjölda einstaklinga ólíkra fuglategunda á tveimur tímabilum, 2012-2016 áður en að starfsemi Laxa hófst í Reyðarfirði og 2017-2021 eftir að starfsemi hófst, á öllum svæðum í Reyðarfirði og Fáskrúðsfirði, ásamt skekkjumörkum (SD) og hlutfallslegri breytingu (%d) meðaltals á milli tímabila.

Tegund	Fáskrúðsfjörður					Reyðarfjörður				
	2012-2016		2017-2021		%d	2012-2016		2017-2021		%d
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD		\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
Æðarfugl	4127.2	4258.6	3747.0	987.2	-9.2%	4063.8	2156.4	5214.4	2764.7	28.3%
Álka	144.4	179.1	70.8	105.8	-51.0%	150.8	91.97	660	1283	337.7%
Bjartmáfur	0.4	0.9	4.0	5.0		24.0	24.5	38.6	23.7	60.8%
Dílaskarfur	27.6	6.3	61.4	23.3	122.5%	55.8	7.6	68.6	30.4	22.9%
Fýll	1223.4	1416.7	1534.4	2509.3	25.4%	1095.0	1436.8	1641.0	1592.1	49.9%
Gulönd						0.4	0.5	5.4	8.2	1250.0%
Haftyrðill	0.2	0.4	15.4	23.8	7600.0%	22.0	21.1	48.4	63.1	120.0%
Hávella	226.8	389.7	280.8	120.6	23.8%	864.6	372.1	1105.8	472.9	27.9%
Hettumáfur	10.0	22.4	0.0	0.0	-100.0%	19.4	12.7	57.6	39.1	196.9%
Himbrimi	2.8	6.3	1.8	2.0	-35.7%	25.8	11.4	27.6	10.3	7.0%
Hrafn	4.4	8.2	11.8	21.0	168.2%	69.8	19.6	154.8	107.1	121.8%
Húsdúfa/Bjargdúfa	1.6	3.6	3.6	5.7	125.0%	154.0	37.5	281.0	81.0	82.5%
Langvía	12.6	15.0	4.0	8.9	-68.3%	25.2	16.6	9.4	12.0	-62.7%
Ógr. máfur	520.0	867.2	22.0	34.9	-95.8%	0.0	0.0	84.0	187.8	
Ógr. svartfugl	10.0	22.4	0.0	0.0	-100.0%	0.0	0.0	9.0	20.1	
Rauðhöfðaönd						2.0	4.5	18.2	12.4	810.0%
Rita	0.0	0.0	30.0	67.1	100.0%	19.2	28.3	0.0	0.0	-100.0%
Sendlingur	28.0	39.0	0.0	0.0	-100.0%	187.8	75.1	105.4	38.7	-43.9%
Silfurmáfur	126.2	158.2	29.8	56.6	-76.4%	207.6	81.1	429.0	167.8	106.6%
Stökkönd	24.4	28.2	15.8	12.7	-35.2%	179.0	57.7	147.2	26.7	-17.8%
Straumönd	64.2	67.0	20.2	11.8	-68.5%	56.4	61.4	46.2	18.4	-18.1%
Súla	506.8	841.6	603.6	1229.1	19.1%					
Svartbakur	11.2	22.3	5.8	11.9	-48.2%	13.6	8.5	22.6	9.7	66.2%
Teista	19.0	32.6	11.8	7.5	-37.9%	17.6	16.2	25.2	23.1	43.2%
Toppönd	5.4	7.4	4.4	4.9	-18.5%	52.4	10.5	49.8	11.1	-5.0%

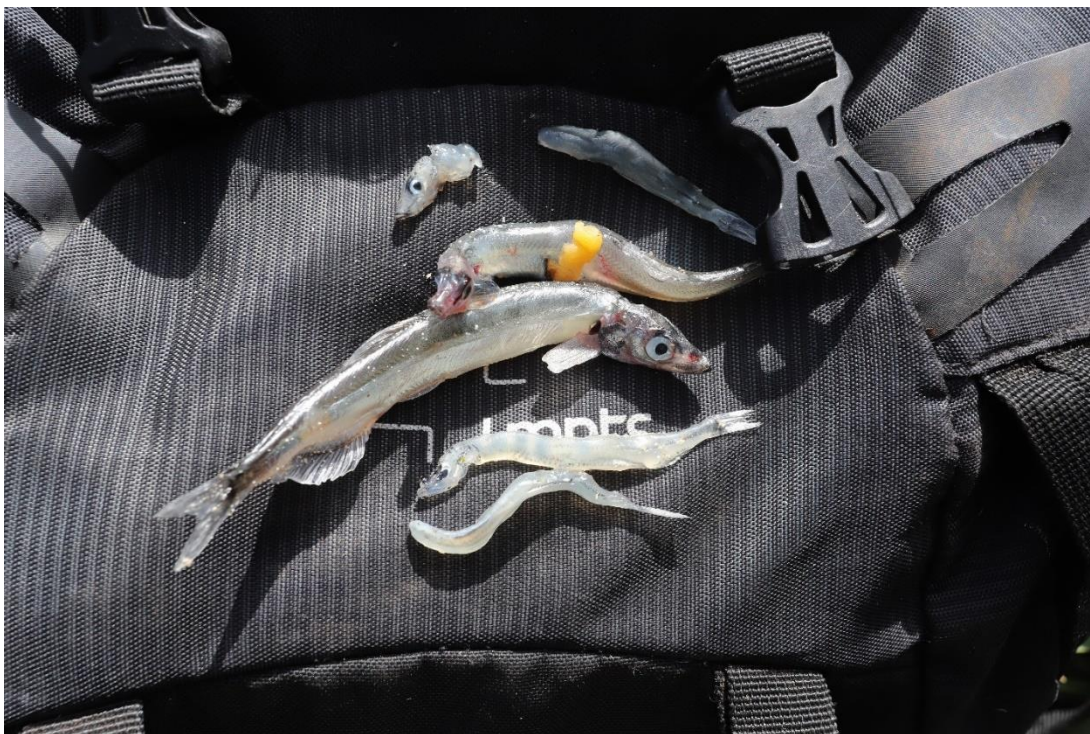
Vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma

Vel gekk að kortleggja útlínur lundavarpsins og var flatarmál þess metið 989 m², leiðrétt fyrir halla og ójöfnu landi. Þéttleiki hola var að meðaltali 0,58 holur á m² (SE=0,07), ábúðarhlutfall var 12,1% (SE=4,4%) Heildar varpstofn reiknaðist því um 74 (SE=39–106) pör í hólmanum öllum. Bæði árin sem Náttúrustofan hefur rannsakað lundavarp í Stórhólma hefur ábúðarhlutfall mælist mjög lágt en árið 2020 var það 13% (SE=7,0%).

Vöktun á lunda í Stórhólma í Reyðarfirði hófst sumarið 2020 í tengslum við umhverfisvöktun vegna reksturs Laxa fiskeldis ehf. í Reyðarfirði. Þá var lundavarp í eyjunni kortlagt og stærð þess metið auk þess að flatarmál kortlögð í þrívídd með flygildi til að leiðrétta flatarmáls útreikninga fyrir halla lands. Niðurstöður athuguna þess árs sýndu að ábúðarhlutfall hola var lágt en Stórhólmi er talinn vera mikilvægt fuglasvæða vegna mikils lundavarps í eyjunni, um 11.000 pör. Frumniðurstöður Náttúrustofu Austurlands auk viðtala við staðkunnuga árið 2020 bentu hinsvegar til þess að um umtalsvert ofmat væri að ræða. Líkt og árið 2020 var Stórhólmi heimsóttur tvisvar árið 2021 en í fyrri heimsókn í apríl voru útlínur lundavarpsins kortlagðar nákvæmar og í seinni ferð í júlí var ábúð metin með holumyndavél sem fengin var að láni frá Marinó Sigursteinsyni í Vestmannaeyjum. Niðurstöðurnar voru þær að ábúðarhlutfall væri um 12%, heildarflatarmál varpa væri 989

m², leiðrétt fyrir halla og þéttleiki hola 0,58 holur á m². Heildar varpsstofn reiknaðist því um 74 (39–106) pör í hólmanum öllum.

Eins og bent var á í skýrslunni frá 2020 (Erlín Jóhannsdóttir og Hálf dán Helgason, 2021) er reiknuð stofnstærð samanborin við niðurstöður fyrri athugana (Arnþór Garðarsson og Erpur Snær Hansen í undirbúningi) innan við 1% af því sem það hafði verið áætlað áður (11.000 pör). Þó ekki sé hægt að fullyrða að ekki sé um að ræða breytingu síðan að fyrsta mat var gert er það ólíklegt og telur umsjónarmaður æðarvarpsins á Hólum að fjöldi lunda hafi verið nokkuð stöðugur svo lengi sem að hans minni nær og af og frá að þar hafi orpið 11.000 pör (Elías Jónsson munnleg heimild). Aftur á móti bendir ábúðarhlutfall til þess að varp hafi verið með lakara móti bæði sumrin sem vöktun hefur farið fram eða 12% og 13%. Til samanburðar má benda á að lundavarpíð í Papey, sem er í um 50 km fjarlægð frá Hólum, hefur verið vaktað af Náttúrustofu Suðurlands undanfarin ár og var meðal ábúðarhlutfall árána 2010–2021 72,6% en um 49,6% á sama tímabili fyrir landið í heild sinni (Erpur Snær Hansen 2021). Hvað veldur svo lágu ábúðarhlutfalli er erfitt að segja til um en rétt er að geta þess að fæðuástand virtist ágætt miðað við burð lunda af loðnu á meðan á heimsókninni stóð (7. mynd) þó að þar sé vissulega einungis um augnabliksmynd að ræða.



7. mynd. Loðna sem lundar misstu í varpinu í Stórhólma 01.07.2021. Nokkur burður var af loðnu og vakti það athygli athugenda að hrogn mátti sjá í hrygnum (Mynd Skarphéðinn G. Þórisson).

Beinar talningar á æðarhreiðrum í Stórhólma hafa ekki verið taldar nauðsynlegar þar sem umsjónarmaður varpsins telur það og hefur gefið NA góðfúslegt leyfi að nota þær tölur. Sumarið 2021 voru sýnileg æðarhreiður auk þess talin af loftmynd úr dróna og reyndust þau vera um 575 en samkvæmt Elíasi Jónssyni, taldi hann u.þ.b. 600 hreiður í eygni sumarið 2020 þegar hann var þar við dúntekju. Sumarið 2021 taldi umsjónarmaður hreiðrum nokkuð hafa fjölgað í hólmanum og taldi þau hafa verið rétt um 700. Almenn fjölgaði í varpinu í heild sinni sem að í meðalári telst vera milli 1300–1500 hreiður en árið 2021 taldist umsjónarmanni hreiðrin vera um 1800 (Elías Jónsson munnleg heimild).

Samkvæmt tölum frá Laxar fiskeldi, drápust 10 dílaskarfar, 6 svartbakar, 2 fýlar og 1 hettumáfur í tengslum við starfsemi fiskeldisins árið 2021, alls 19 fuglar (Laxar, tölvupóstur til höfunda, 27. apríl 2022). Hettumáfurinn, fýlarnir og tveir svartbakar flæktust í neti og hlutu af skaða svo að mannúðlegast þótti að aflífa fuglana. Fjórir svartbakar og skarfarnir 10 voru allir skotnir vegna ágangs við kvíarnar. Áfram verður fylgst með afföllum við kvíar Laxa og er stefnt að því að bæta skráningu og safna frekari upplýsingum um fugla sem drepast, svo sem aldur og kyn.

Sjávarspendýr

Eins og bent er á í samantekt í vöktunarskýrslu fyrir 2020 (Erlín Jóhannsdóttir og Hálf dán Helgason, 2021) eru selir frekar fálíðaðir á svæðinu. Í óreglulegum talningum frá árinu 1980 til 2016 hafa verið taldir 1–8 selir hverju sinni á öllu svæðinu, nema árið 2011 þegar 27 selir voru taldir (Gunnhildur Ingibjörg Georgsdóttir o.fl., 2018). Páll Leifsson, sem annast hefur ýmsar talningar á dýrum og fuglum í firðinum m.a. fyrir vetrartalningar Náttúrufræðistofnunar, hefur skráð hjá sér þær tegundir sem hann hefur séð á svæðinu en alls hefur hann skráð 7 selategundir og 7 tegundir hvala (sjá nánar í Erlín Jóhannsdóttir og Hálf dán Helgason 2021).

Ekki varð sela vart í Stórhólma sumarið 2021 og ekki fannst virkt látur en líklegt verður að teljast að a.m.k. ein landsels urta hafi kæpt í Reyðarfirði það sumar. Tilkynnt var til Náttúrustofu Austurlands um ósjálfbjarga landsselskóp (8. mynd) í fjöru við þéttbýli á Reyðarfirði, að kvöldi 30. júní 2021. Náttúrustofan kom þeim ráðleggingum til umhverfisfulltrúa Fjarðabyggðar að brýnt væri að halda fólki fjarri en frést hafði af því að fólk hefði reynt að bjarga kópunum, jafnvel haldið á honum (Gunnar Gunnarsson, 2021 og Óttar Kolbeinsson Proppé, 2021). Ekki er vitað hversu vel þau tilmæli náðu eyrum almennings en tveimur dögum seinna var kópurinn enn í fjörunni þegar starfsmenn stofunnar áttu leið um. Frekari afdrif kópsins eru óþekkt og ekki bærust frekari tilkynningar til stofunnar um selkópa.



8. mynd. Landselskópurinn sem hélt til nærri smábátahöfninni á Reyðarfirði um mánaðarmótin júní–júlí 2021. (Mynd Skarphéðinn G. Þórisson).

4. Lokaorð

Ástand fiskeldissvæðisins við Gripalda við hámark lífmassa í nærsvæðisvöktun var í heildina *gott* samkvæmt mældum gildum og skynmati. Niðurstöður mælinga og skynmats í nærsvæðinu sýna að uppsöfnun lífrænna leifa var meiri við kvíar í grynri hluta svæðisins (eldiskíar 1–8) en dýpra. Ástæða er til að taka sýni þegar hvíldartíma er lokið til að kanna hversu vel svæðið hefur hreinsast (Standard Norge, 2016).

Niðurstöður sniðvöktunar sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa náði ekki langt út fyrir nærsvæðið en niðurstöður mælinga og skynmats í seti sýndi að ástandið var *mjög gott* á öllum stöðvum. Hryggleysingjafánan bar þess merki að ástand í seti var verst næst kvíum en þar var fjöldi tegunda og fjölbreytni minni en fjær kvíum og hlutfall tegundarinnar *Capitella capitata* bendir til þess að þar séu aðstæður erfiðar nema fyrir þólfur tegundir gagnvart lífrænni uppsöfnun.

Of snemmt er að draga ályktanir út frá samanburði á gögnum úr vetrarfuglatalningum fyrir og eftir að fiskeldi hófst í Reyðarfirði. Heimildaöflun um fugla og sjávarspendýr stendur enn yfir þó nú beinist verkið aðallega að því að nýta þær upplýsingar sem til staðar eru sem mögulega ávita um ástandsþreitingar. Vísbendingar um fjölgun hrafna og dúfna vekur þó athygli og kanna þyrfti hvort aðgengi að fæðu í grennd við þéttbýli kunni þar að vera áhrifaþáttur. Engar beinar tengingar eru þar á milli en fjölgunin er að því er virðist umtalsverð og mikilvægt að fylgja þróun þessara stofna áfram.

Hvað varðar möguleg áhrif fiskeldis í firðinum á ástand varpstofns lunda í Hólmum er ekkert sem bendir til beinnar tengingar þar á milli en frekari rannsóknir munu varpa betur ljósi á það.

5. Heimildir

- Aller R.C. (2004). Conceptual models of early diagenetic processes: The muddy seafloor as an unsteady, batch reactor. *Journal of Marine Research*. 62: 815 – 835.
- Arnþór Garðarsson (2019). *Íslenskar súlubyggðir 2013–2014*. Bliki 33: 69–71.
- Arnþór Garðarsson, Kristján Lilliendahl og Guðmundur A. Guðmundsson (2019). *Fýlabyggðir á Íslandi 2013–2015*. Bliki 33: 1–14.
- Arnþór Garðarsson, Guðmundur A. Guðmundsson og Kristján Lilliendahl (2013). Framvinda íslenskra ritubyggða. Bliki 32: 1–10.
- Arnþór Garðarsson og Erpur Snær Hansen (á,á). *Lundatal*. Í undirbúningi.
- Björgvin Harri Bjarnason (verkefnisstjóri) (2002). *Reyðarlax. Allt að 6000 tonna laxeldisstöð í Reyðarfirði*. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Samherja hf. Akureyri: Samherji hf.
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100 – 1114.
- Brooks, K.M., Stierns, A. R., Mahnkenb, C.V.W. & Blackburnc, D.B. (2003). Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture* 219, 355 – 377.
- Dean H. (2008). The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical*, 56, 11 – 38.
- Einar Þórarinnsson, Einar Hjörleifsson, Hálfán Björnsson, Ragnheiður Þórarinsdóttir, Skarphéðinn Þórisson og Þórður Júlíusson (1984) “*Reyðarfjörður Náttúrufar og minjar*” Unnið fyrir Staðarvalsnefnd um lönrekstur og lðnaðarráðuneytið. Neskaupstaður: Náttúrugripasafnið í Neskaupstað.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir, Kristín Ágústsdóttir og Halldór W. Stefánsson (2017). *Rannsóknir á lífríki í botni Eskifjarðar -Fuglar, botndýr í sjó og leiru og seiði í ám*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir (2019). *Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði*. Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson, (2019). *Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM-C)*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir (2021). Grunnrannsókn á botnseti í sjó við fiskeldissvæðið Vattarnes í Reyðarfirði. Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands. <https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Vattarnes%20-%20Grunns%3%bdnataka%202021.pdf>.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hálfán Helgi Helgason (2021) Laxar fiskeldi ehf. - Umhverfisvöktun 2020, Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erpur Snær Hansen, (2019). *Stofnvöktun lunda 2017-2020*. Lokaskýrsla til Umhverfisstofnunar. 2020, Náttúrustofa Suðurlands. p. 40.
- Erpur Snær Hansen (2021). *Stofnvöktun lunda 2021*. Framvinduskýrsla til Umhverfisstofnunar. 2020, Náttúrustofa Suðurlands. p. 41.
- Ersts,P.J. (2020). DotDotGoose (version 1.5.1). American Museum of Natural History, Center for Biodiversity and Conservation. Available from http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/dotdotgoose. sótt Ágúst 2020
- Guðmundur Víðir Helgason, Sigmundur Einarsson, Anna Guðrún Edvardsdóttir, Kristján Lilliendahl, Adam Hoffritz og Einar Örn Gunnarsson (2018). *Viðbótarframleiðsla Laxa fiskeldis ehf. á 10.000 tonnum af laxi í sjókvíum í Reyðarfirði*. Mat á umhverfisáhrifum. Matskýrsla. RORUM 2018 006.
- Gunnar Gunnarsson (2021, 30. júní). Varasamt að ætla að „bjarga“ villtum dýrum. Austurfrett: <https://austurfrett.is/frettir/varasamt-adh-aetla-adh-bjarga-villtum-dyrum>

- Gunnhildur Ingibjörg Georgsdóttir, Erlingur Hauksson, Guðmundur Guðmundsson og Ester Rut Unnsteinsdóttir (2018). *Selalátur við strendur Íslands*. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Nr. 56.
- Grasshoff, K. "A (1970). Simultaneous multiple channel system for nutrient analysis in seawater with analog and digital data record." *Technicon Quarterly* 3: 7-17.
- Hargarve, B. T., Holmer, M. & Newcobe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Marine Pollution Bulletin* 56, 810–824.
- Halldór W. Stefánsson og Skarphéðinn Þórisson (1999). *Fuglaathuganir í Reyðarfirði vegna fyrirhugaðs álvers*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Halldór W. Stefánsson og Skarphéðinn G. Þórisson (2002). Viðauki IV- *Fuglalíf í Reyðarfirði-Samantekt Náttúrustofa Austurlands*-Unnið fyrir Samherja hf. Í: Reyðarlax. Allt að 6000 tonna laxeldisstöð í Reyðarfirði: Mat á umhverfisáhrifum: Viðaukar I-VII.
- Holmes, Robert M., et al. (1999). "A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56.10: 1801-1808.
- International Standard (2014). Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna. ISO 16665:2014(E).
- Iversen, A. & Sandøy, S. (2018). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- Kristinn H. Skarphéðinsson, Skarphéðinn Þórisson og Páll Leifsson (1989). *Fuglalíf í Seley við Reyðarfjörð*. Bliki 7: 49–58.
- Kristinn Haukur Skarphéðinsson, Borgný Katrínardóttir, Guðmundur A. Guðmundsson og Svenja N.V. Auhage (2016). Mikilvæg fuglasvæði á Íslandi. Fjölrit Náttúrufræðistofnunar Nr. 55. 295
- Laxar fiskeldi ehf. (2019). *Vöktunaráætlun*. Útbúið fyrir Umhverfisstofnun. Eskifjörður: Laxar fiskeldi Laxar, tölvupóstur til höfunda (27. apríl 2022)
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J, (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kyst farvann. [*Classification of environmental quality in fjords and coastal waters.*] Veiledning. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997. 36 bls.
- Murphy, J. A. M. E. S., & John P. Riley (1962). "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters." *Analytica chimica acta* 27: 31-36.
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2021). *Vetrarfuglatalningar*. Sótt í janúar 2021 á: <https://www.ni.is/greinar/vetrarfuglatalningar>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2020). *Forgangstegundir fugla*. Sótt í september 2020 á: <https://www.ni.is/greinar/forgangstegundir-fugla>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2018a). *Válisti fugla 2018*. Sótt í nóvember 2019 á: <https://www.ni.is/midlun/utgafa/valistar/fuglar/valisti-fugla>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2022). *Vetrarfuglatalningar*. Sótt í maí 2022 á: <https://www.ni.is/greinar/vetrarfuglatalningar>
- Náttúrustofa Austurlands (2018). Niðurstöður grunnrannsóknna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands. [https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Sigmundarh%c3%bas%20-%20grunnsynataka%20\(B%20ranns%c3%b3kn\)%202018.pdf](https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Sigmundarh%c3%bas%20-%20grunnsynataka%20(B%20ranns%c3%b3kn)%202018.pdf)
- Náttúrustofa Austurlands (2019). Niðurstöður grunnrannsóknna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands. [https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Bjarg%20-%20grunnsynataka%20\(B%20ranns%c3%b3kn\)%202019.pdf](https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Bjarg%20-%20grunnsynataka%20(B%20ranns%c3%b3kn)%202019.pdf)
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Guillaume, F., Kindt, R., Legendre, P., o.fl., (2022). *Vegan. Community Ecology Package: Ordination, Diversity and Dissimilarities*. Version 2.6-2. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>

- Open Drone Map [Computer software] (2017). sótt á <https://github.com/OpenDroneMap/OpenDroneMap>
- Óttar Kolbeinsson Proppé (2021, 1. júlí). Héldu á villtum kópi fyrir sjálfs-mynd: „Getur valdið dýrinu miklum skaða". Vísir. <https://www.visir.is/g/20212128656d/heldu-a-villtum-kopi-fyrir-sjalfs-mynd-getur-valdid-dyrinu-miklum-skada->
- Pearson T.H. & Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review* 16, 229–311.
- QGIS Development Team (2020). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>".
- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RStudio Team (2016). *RStudio: Integrated Development for R (Version 1.1.383)*. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Rygg, B. (2002). *Indicator Species Index for Assessing Benthic Ecological Quality in Marine Waters of Norway*. Norway: Norwegian institute for water research.
- Skipulagsstofnun (2018). Laxeldi í Reyðarfirði. Mál 20184100019. *Umsögn Náttúru-fræðistofnunar Íslands vegna mats á umhverfisáhrifum 10.000 tonna framleiðsluaukningar Laxa fiskeldis í Reyðarfirði*. Sótt í nóvember 2019 á: https://www.ni.is/sites/ni.is/files/atoms/files/laxeldi_i_reydarfirdi.pdf
- Staðlaráð Íslands (2016). *Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom*. IST ISO 12878:2012
- Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Agnes Eydal, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson (2019). *Gæðabættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota*. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun. Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016.
- Sýslumenn (2021). Auglýsingar um friðlýsingu æðarvarpa. Skoðað í janúar 2021 á <https://www.syslumenn.is/thjonusta/utgefin-leyfi/fridlysing-aedarvarps/>
- Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes. Skoðað þann 25. september 2017 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>
- Þorleifur Eiríksson, Böðvar Þórisson & Björgvin Harri Bjarnason (2003). *Botndýr við fyrirhugaðar fiskeldisstöðvar í Reyðarfirði*. Unnið fyrir Reyðarlax (Samherja). Bolungarvík: Náttúrustofa Vestfjarða.
- Þorleifur Eiríksson og Guðmundur Víðir Helgason (2017). Botndýr á kvísvæði Laxa fiskeldis í Reyðarfirði. Unnið fyrir Laxa fiskeldi ehf. Reykjavík: RORUM.
- Þorleifur Eiríksson, Guðmundur Víðir Helgason, Sigmundur Einarsson, Anna Guðrún Edvardsdóttir, Kristján Lilliendahl, Adam Hoffritz, Gunnar Steinn Gunnarsson og Einar Örn Gunnarsson (2017). Viðbótarframleiðsla Laxa fiskeldis ehf. á 10.000 tonnum af laxi í sjókvíum í Reyðarfirði. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla. Unnið fyrir: Laxa fiskeldi ehf. RORUM 2017 005
- Umhverfisstofnun (2020a). *Starfsleyfi. Eldi á laxi. Laxar [Fiskeldi]¹ ehf. Reyðarfjörður*. Skoðað í maí 2022 á <https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/Fiskeldi/Laxar%20Rey%3b0arfir%3b0i%20%3batgefi%3b0%20starfsleyfi.pdf>
- Umhverfisstofnun (2020b). *Starfsleyfi. Eldi á laxi. Laxar Fiskeldi ehf. Reyðarfjörður*. Sótt í maí 2022 á: <https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Starfsleyfi,%20pdf%20%3batg%3a1fa.pdf>
- Walvoort, D. (2019). *Benthos. Marine Benthic Ecosystem Analysis*. Version 1.3-6. <https://cran.r-project.org/web/packages/benthos/benthos.pdf>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2. Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag. <https://ggplot2.tidyverse.org>

- Wickham, H. (2021). *Dplyr. A Grammar of Data Manipulation*. Version 1.0.7.
https://dplyr.tidyverse.org/reference/group_by.html
- Wildish, D. J., Hargrave, B. T. & Pohle, G. (2001). Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. *Journal of Marine Science* 58, 469–476.
- Zettler, M.L., Schiedek, D. & Bobertz, B. (2007). Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 258–270.

Viðauki I. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM B).

Rannsókn á botnseti í sjó við fiskeldissvæðið
Gripalda í Reyðarfirði
Nærsvæðisvöktun við hámark lífmassa

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA-210219	Dags (mánuður, ár): Október 2021	Dreifing: Lokuð
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):		Upplag: rafræn
Rannsókn á botnseti í sjó við fiskeldissvæðið Gripalda í Reyðarfirði. Nærsvæðisvöktun við hámark lífmassa		Síðufjöldi: 21
		Fjöldi korta:
		Fjöldi viðauka: 2
Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir		
Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf.		
Útdráttur:		
<p>Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti í sjó á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripalda við hámark lífmassa.</p> <p>Sýnum af botnseti var safnað á sextán stöðum á nærsvæði eldissvæðisins (ekki meiri fjarlægð en 30 m frá kví). Eitt sýni var tekið á hverjum stað og redox og pH gildi mæld í efstu lögum botnsetsins. Ekki var unnt að mæla redox og pH í tveimur sýnum. Öllum sýnum var lýst með tilliti til litar, lyktar, áferðar og hvort gasbólur eða hvít skán sæist. Sýnin voru sigtuð og dýr talin og greind í helstu flokka (burstaorma, krabbadýr, skeljar og skrápdýr). Allar niðurstöður voru skráðar á gátlista og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi sem lögð voru saman, út frá því fékk svæðið ákveðna einkunn með tilliti til ástands. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = <i>mjög gott</i>, 2 = <i>gott</i>, 3 = <i>slæmt</i> og 4 = <i>mjög slæmt</i>.</p> <p>Niðurstöður nærsvæðis vöktunarinnar sýndu að ástand botnsets á eldissvæðinu var í heildina <i>gott</i>. Greina mátti nokkra uppsöfnun við kvíar sem staðsettar voru grynna (nær landi). Þrjú sýni þar fengu einkunnina 4 (<i>mjög slæmt</i>), eitt sýni einkunnina 3 (<i>slæmt</i>) og tvö sýni einkunnina 2 (<i>gott</i>). Ekki var unnt að gefa tveimur sýnum heildareinkunn þar sem ekki var hægt að mæla redox og pH. Fjær landi fengu fimm sýni einkunnina 1 (<i>mjög gott</i>) og þrjú sýni einkunnina 2 (<i>gott</i>).</p>		
Lykilorð: Gripaldi, nærsvæði, botnset, sýni, redox, oxunarmáttur, pH gildi, skynmat, botdýr	ISSN: 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
Yfirfarið: KÁ	ISBN nr: 978-9935-9633-0-7 (rafræn útgáfa)	

NA-210219
Október 2021

Efnisyfirlit

Myndaskrá	4
Töfluskrá	4
1. Inngangur	5
2. Staðhættir	5
3. Aðferðir.....	5
3.1 Sýnataka og staðlar	5
2.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand botnsets og útreikningar	7
3. Niðurstöður og umræður	9
4. Lokaorð.....	9
Heimildir	11
Viðauki I	i
Viðauki II.	v

Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar (1 – 16) og ástand sýna við Gripalda í Reyðarfirði við hámark lífmassa Ástandsflokkar: blátt = mjög gott, grænt= gott, gult = slæmt og rautt= mjög slæmt (Standard Norge, 2016; Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni). 6
2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013)..... 8

Töfluskrá

- Tafla 1. Hnit (DD) og dýpi (m) sýnatökustöðva við Gripalda á nærsvæði í september og október 2021..... 7
- Tafla 2. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016)..... 7
- Tafla 3. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)..... 8
- Tafla 4. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í fimm sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B) við Gripalda í september og október 2021. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka II og III, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis. 9

1. Inngangur

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOM B) fiskeldissvæðisins við Gripalda. Tilgangur rannsókna var að meta ástand bontsetsins út frá mælingum, skynmati og tilvist helstu hópa botnhryggleysingja við hámark lífmassa. Grunnrannsóknir á tegundasamsetningu botnhryggleysingja ásamt mati á ástandi sets út frá skynmati og mælingum á heildar kolefni (TOC) og kornastærðargreiningu fóru fram við mat á umhverfisáhrifum árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003; Björgvin Harri Bjarnason, 2002).

2. Staðhættir

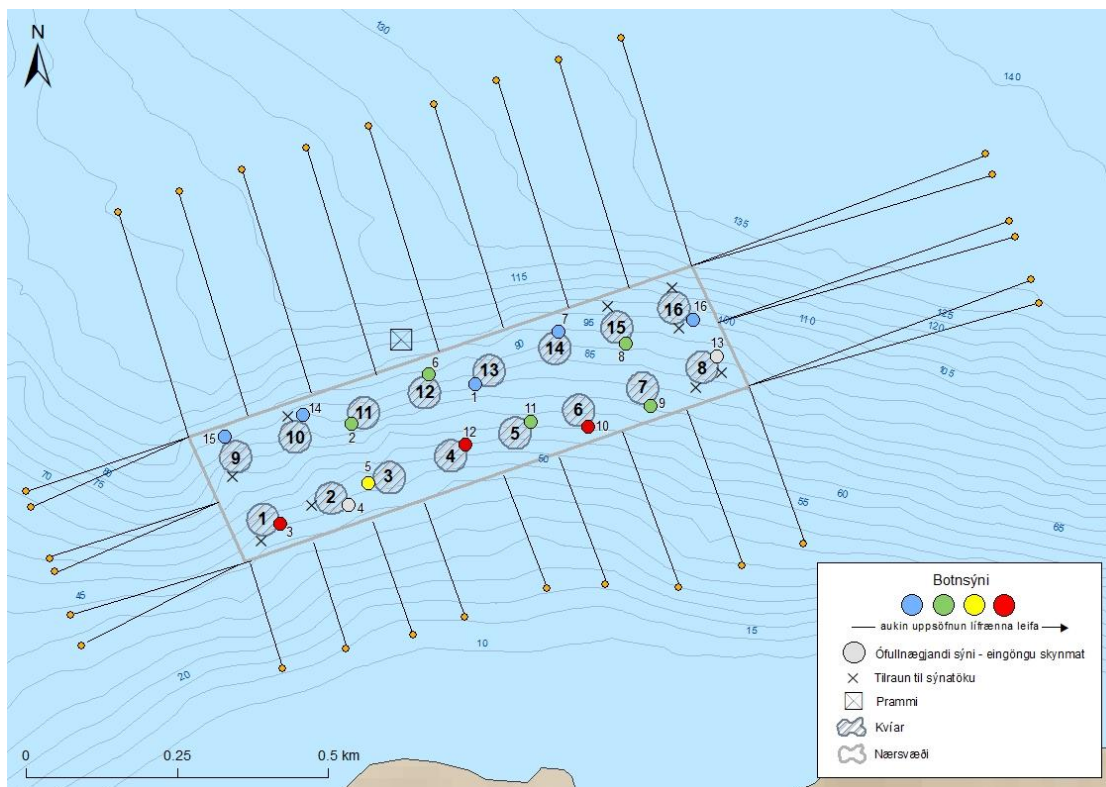
Önnur kynslóð laxfiska var sett út við Gripalda frá júní til ágúst 2020 og hafði verið í svæðinu í rúmlega 12 mánuði þegar sýnataka fór fram. Við sýnatöku var lífmassi 5.171 tonn og fóðrunin var yfir 30 tonn á dag (Atli Sigurðarson, stöðvarstjóri, tölvupóstur þann 7. september 2021). Kvíastæðið saman stóð af 16 kvíum í tveimur kvíaröðum, 8 kvíar í hvorri röð og voru allar í notkun á eldistímanum (1. mynd).

Megin straumstefna sjávar í Reyðarfirði er inn fjörðinn að norðanverðu og út fjörðinn að sunnan verðu. Dreifistraumur (35 m dýpi) við Gripalda liggur að mestu í suðaustlæga átt út fjörðinn (Björgvin Harri Bjarnason, 2002). Meðalstraumur við Gripalda á 5 m dýpi var 8,9 cm/sek og 6,8 cm/s á 15 m (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2017). Á svæðinu er lítill botnhalli frá landi að u.þ.b. 20 metrum en þá dýpkar hratt alveg niður á 130 metra, en kvíarnar voru á 50 – 110 m dýpi (1. mynd).

3. Aðferðir

3.1 Sýnataka og staðlar

Alls voru 16 sýni tekin á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripalda 8. september og 12. október 2021 (1. mynd). Sýnatökupunktur voru hnitsettir með GPS tæki og dýpi lesið af dýptarmæli í bát. Sýnatakan var unnin eftir *ISO staðli 12878:2012* um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis á mjúkbotn (Staðlaráð Íslands, 2016), *ISO staðli 16665:2014* um leiðbeiningar á magnbundinni sýnatöku og meðferð sýna á lífríki á mjúkbotni (International Standard, 2014) og norskum staðli *NS 9410:2016* um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis í sjó á sjávarbotn (Standard Norge, 2016).



1. mynd. Sýnatökustöðvar (1 – 16) og ástand sýna við Gripalda í Reyðarfirði við hámark lífmassa. Ástandsflokkar: blátt = mjög gott, grænt= gott, gult = slæmt og rautt= mjög slæmt (Standard Norge, 2016; Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

Botnsýni voru tekin með van Veen botngreip (0,025 m²) og Shipek greip (0,04 m²) þar sem botn var harður og dýpi mikið. Eitt sýni var tekið á hverjum stað, dýpi skráð og sýnatökustaðir hnitsettir með GPS tæki (Tafla 1). Um leið og sýni kom upp var oxunargeta (**reduction–oxidation reaction**) setsins mæld (kallað redox-gildi hér eftir) með Euthech pH 450 mæli og redox/ORP rafskaut frá Thermo Fisher (Thermo Fisher Scientific inc., 2007), ásamt pH-gildi og hitastigi (°C) sem var mælt með Orion STAR A324 mæli og Ross pH rafskauti. Rafskautum mælanna var stungið u.þ.b. 1 cm ofan í setið og lesið af þegar mælur sýndu stöðug gildi. Ekki var unnt að mæla redox og pH í tveimur sýnum vegna þess að mikið var af steinum í sýni.

Að mælingum loknum var sýnið losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert, þ.e. hvort lykt af brennisteinsvetni (H₂S) fyndist af setinu, hvernig litur þess var, setgerð, þéttleiki sets og þykkt mögulegs uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæist í sýni, hvort gasbólur sæjust og hvort hvít skán væri á yfirborði setsins (Beggiatoa). Einnig var rúmmál greipar skráð. Að mælingum og skynmati loknu var hvert sýni sigtað á staðnum með 500 µm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka. Dýr sem sáust voru talin gróflega og greind í helstu flokka þ.e. burstaormar, krabbadýr, skeljar og skrápdýr og var stækkunargler notað til hjálpar. Sýnin voru varðveitt í 10% formalíni og boraxi á rannsóknastofu og dýr talin þar eftir nokkra daga. Myndir voru teknar af sýnum og eru þær í viðauka II.

Tafla 1. Hnit (DD) og dýpi (m) sýnatökustöðva við Gripalda á nærsvæði í september og október 2021.

Stöð	Kví nr	Hnit		Dýpi
		LAT (DD)	LONG (DD)	
1	13	65.01349	-13.94403	80
2	11	65.01299	-13.94867	80
3	1	65.01161	-13.95161	50
4	2	65.01185	-13.94931	50
5	3	65.01210	-13.94830	50
6	12	65.01354	-13.94590	90
7	14	65.01407	-13.94122	95
8	15	65.01380	-13.93887	90
9	7	65.01286	-13.93817	75
10	6	65.01261	-13.94043	65
11	5	65.01278	-13.94260	65
12	4	65.01252	-13.94491	60
13	8	65.01354	-13.93571	90
14	10	65.01303	-13.95068	80
15	9	65.01275	-13.95299	81
16	16	65.01408	-13.93662	100

2.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand botnsets og útreikningar

Allar niðurstöður sem fengust með athugun á tilvist dýra, mælingum og skynmati voru skráðar í staðlaðan gátlista (Standard Norge, 2016) þar sem hver þáttur sem kannaður var fékk ákveðið gildi (sjá kafla 2.1) sem gaf vísbendingu um hversu mikil uppsöfnun var af lífrænum leifum á botninum. Gátlistanum er skipt í þrjá flokka sem byggja á mati á: I) tilvist dýra, II) mældum gildum, III) skynmati

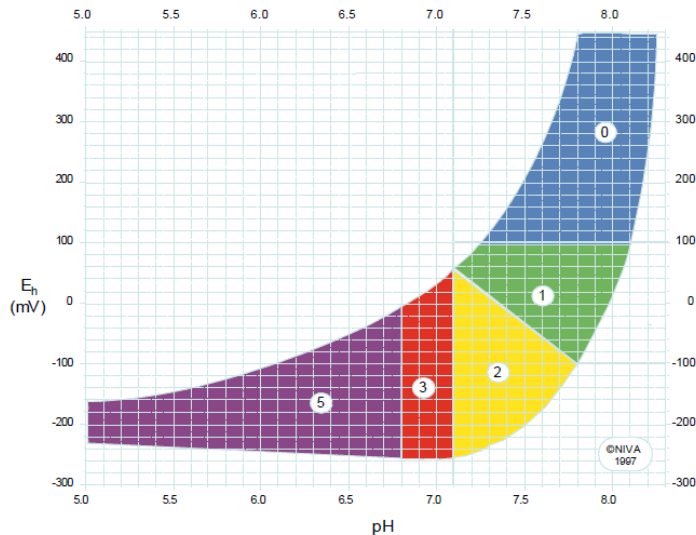
Flokkur I, tilvist dýra: Skráð er hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 2).

Tafla 2. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).

	Ásættanlegt	Óásættanlegt
Tilvist dýra	<0,5	>0,5

Flokkur II, mæld gildi (redox/pH): Redox og pH mælingar í botnseti gefa upplýsingar um ástand sets. Redox gefur upplýsingar um oxunargetu setsins. Til að fá rétt redox gildi þarf þó að umreikna mæld gildi (E_{SHE}) með því að bæta við gildi ($E_{ref.pot}$) samkvæmt leiðbeiningum sem fylgja með rafskautinu, en gildin eru háð hitastigi (Thermo Fisher Scientific inc., 2007). Rétt gildi fæst með jöfnunni $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$. Umreikningar eru gerðir til að hægt sé að bera mælingarnar saman við aðrar rannsóknir og þekkt gildi í botnseti (t.d. Hargarve o.fl. 2008; Zettler o.fl., 2007; Wildish o.fl. 2001; Brooks o.fl. 2003).

Umreiknuð redox og pH gildin erustaðsett í hnitakerfi (sjá 2. mynd) til að skilgreina ástand setsins. Eftir því sem umreiknuð redox gildi og pH gildi eru lægri er ástand setsins metið lakara. (Standard Norge, 2016). Hvert sýni fær ákveðna einkunn eftir því hvar það lendir á myndinni og eru ástandsflokkarnir fimm: 0=mjög gott (bakgrunnsgildi), 2 = gott, 3 = slæmt, 4= mjög slæmt og 5= óásættanlegt (2.mynd).



2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013).

Flokkur III, skynmat. Ástand sets út frá skynmati tekur til sex þátta sem eru gasbólur, litur, lykt, áferð sets, rúmmál greipar og þykkt grots og fær hver þáttur ákveðna einkunn. Ef gasbólur eru til staðar gefur það 4 stig, engar gasbólur gefa 0 stig; ljóst/grátt set gefur 0 stig, brúnt / svart set gefur 2 stig; engin lykt gefur 0 stig, vottur af lykt 2 stig og sterk lykt 4 stig; þétt set gefur 0 stig, mjúkt 2 stig og laust 4 stig; rúmmál greipar minna en $\frac{1}{4}$ gefur 0 stig, rúmmál milli $\frac{1}{4}$ og $\frac{3}{4}$ gefur 1 stig og rúmmál yfir $\frac{3}{4}$ gefur 2 stig; uppsöfnun lífræns efnis sem er minna en 2 cm gefur 0 stig, á milli 2 og 8 cm gefur 1 stig og yfir 8 cm gefur 2 stig. Summa allra þessara þátta er síðan margfölduð með fasta sem er 0,22 og fæst þá ástand sýnis út frá skynmati.

Loks er heildareinkunn fiskeldissvæðisins reiknuð út frá meðaltali gilda fyrir öll sýni úr flokki II (mæld gildi) og III (skynmat). Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4= mjög slæmt (Tafla 3) (Standard Norge, 2016).

Tafla 3. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)

	1 Mjög gott	2 Gott	3 Slæmt	4 Mjög slæmt
Meðaltal mældra gilda og skynmats	<1,1	1,1– <2,1	2,1– <3,1	≥3,1

3. Niðurstöður og umræður

Heildareinkunn svæðisins var 2 eða *gott* út frá mælingum og skynmati alls 14 sýna. Niðurstöður ástandsmatsins leiddu í ljós að fimm sýni fengu einkunnina 1 (*mjög gott*), fimm sýni einkunnina 2 (*gott*), eitt sýni einkunnina 3 (*slæmt*) og þrjú einkunnina 4 (*mjög slæmt*) (Tafla 4 og viðauki I).

Redox gildi mældust frá -170,0 – 161,5 mV og pH gildi frá 5,49 – 7,31. Sýnin voru öll svört að lit. Lykt af brennisteini fannst í öllum sýnum nema tveimur (stöðvar 15 og 16) (Tafla 4 og Viðauki I). Hvít skán, sennilega bakterían *Beggiatoa* sást í efsta lagi tveggja sýna (stöðvar 3 og 12). Fóðurleifar sáust í átta sýnum (viðauki I).

Tafla 4. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í fimm sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B) við Gripalda í september og október 2021. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka II og III, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis.

Dags	Stöð	Kví nr	Flokkur I	Flokkur II			Flokkur III	Meðaltal flokka II og III	Ástand sýna
			Tilvist dýra*	Mæld gildi	Redox mV (Eh 1)	Eh/pH**	Skynmat***		
8.9.2021	1	13	0	7.23	28	1	0.9	0.9	1
	2	11	0	7.28	-20.6	2	0.9	1.4	2
	3	1	1	5.49	-96	5	4.0	4.5	4
	4	2	0	EM	EM		1.5		
	5	3	0	6.8	-120.3	3	1.8	2.4	3
	6	12	0	7.27	-18	2	0.9	1.4	2
	7	14	0	7.31	24.6	1	0.9	0.9	1
	8	15	0	7.3	-6	2	0.9	1.4	2
	9	7	0	7.11	-32	2	1.1	1.6	2
	10	6	0	6.77	-139	3	2.2	2.6	4
	11	5	0	7.22	-102	2	1.8	1.9	2
12.10.2021	12	4	0	6.1	-170.0	5	3.5	4.3	4
	13	8	0	EM	EM		1.3		
	14	10	0	7.74	84.7	1	0.9	0.9	1
	15	9	0	7.79	161.5	0	0.4	0.7	1
	16	16	0	7.25	153.0	0	0.4	0.2	1

*0=já, 1=Nei

** Ástand sýna út frá 2. mynd

*** Gildi sem fást með skynmati (tilvist gasbólga, litar, lyktar, áferðar, rúmmal greipar og þykkt grots) ásamt margföldunarstuðli 0,22

Heildareinkunn svæðis

2

Dýr sáust í öllum sýnum nema á stöð 3 þar sem mælingar og skynmat gáfu til kynna mjög slæmt ástand (Tafla 4). Burstaormar voru í öllum tilvikum í mestum þéttleika en einnig sáust skeljar (kræklingur) í fjórum sýnum og krabbadýr í einu sýni (Viðauki I).

Botnngerðin var á flestum stöðum fínn sandur og silt en einnig komu upp smásteinar og skeljabor (viðauki II). Dýpi sýnatökustöðva var frá 50 – 100 m. Í fimm tilvikum þurfti fleiri en eina tilraun til að ná upp sýnum (Viðauki I).

4. Lokaorð

Ástand botnsets við Gripalda var í heildina *gott* samkvæmt skynmati og mælingum (flokkur II og III) sem sett eru fram í norska staðlinum (Standard Norge, 2016). Greina mátti nokkra uppsöfnun lífrænna leifa við framleiðslu annarar kynslóðar laxfiska við Gripalda. Mesta uppsöfnunin var undir kvíum 1, 3, 4 og 6 sem allar liggja á grynnri hluta svæðisins (1. mynd). Ástandið var metið *mjög slæmt* við kvíar 1, 4 og 6 og *slæmt* við kví 3. Undir kvíum 9 – 16

var mun minni uppsöfnun, en fimm sýni fengu einkunnina 1 (*mjög gott*) og þrjú einkunnina 2 (*gott*).

Árið 2002 þegar grunnrannsóknir fóru fram á svæðinu var ástand botnsets mjög gott samkvæmt mælingum á kolefni (TOC) og skynmati (sjá í Björgvin Harri Bjarnason, 2002). Rannsóknir við hámark lífmassa fyrstu kynslóðar af eldislaxi sem sett var út við Gripalda árið 2017 sýndu að heildareinkunn svæðisins var 1 (*mjög gott*) (Náttúrustofa Austurlands, 2018) samkvæmt mælingum og skynmati sem sett eru fram í norska staðlinum (Standard Norge, 2016). En þá var alið mun minna á svæðinu eða 759.485 kg á móts við 5.171 tonn árið 2021.

Heimildir

- Björgvin Harri Bjarnason, verkefnisstjóri (2002). *Reyðarlax. Allt að 6000 tonna laxeldisstöð í Reyðarfirði*. Mat á umhverfisáhrifum. Akureyri: Samherji.
- Brooks, K.M., Stierns, A. R., Mahnkenb, C.B.V.W. & Blackburnc, D.B. (2003). Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture* 219, 355 – 377.
- Hargarve, B. T., Holmer, M. & Newcobe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Marine Pollution Bulletin* 56, 810–824.
- International Standard (2014). Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna. ISO 16665:2014(E).
- Náttúrustofa Austurlands (2018). *Niðurstöður vöktunar á botnseti á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripaldi við hámark lífmassa*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016.
- Staðlaráð Íslands (2016). Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom. IST ISO 12878:2012
- Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes. Skoðað þann 25. september 2017 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>
- Wildish, D. J., Hargrave, B. T. & Pohle, G. (2001). Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. *Journal of Marine Science* 58, 469–476.
- Zettler, M.L., Schiedek, D. & Bobertz, B. (2007). Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 258–270.
- Þorleifur Eiríksson, Guðmundur Víðir Helgason, Sigmundur Einarsson, Anna Guðrún Edvardsdóttir, Kristján Lilliendahl, Adam Hoffritz, Gunnar Steinn Gunnarsson og einar örn Gunnarsson (2017). *Viðbótarframléiðsla Laxa fiskeldis ehf. á 10.000 tonnum af laxi í sjókvíum í Reyðarfirði*. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla. Reykjavík: RORUM.

Viðauki I. Gátlisti – MOM B, B1 og B2

Fyrirtæki: Laxar Dags: 8.9.2021
 Staðsetning: Griपालdi hámark

Gátlisti B.1

fóður (tonn/dag): 30
 Lífmassi (kg): 5.171.436

Gr.	Breyta	Stig	Númer sýnis										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Botngæði: Mjúk (M), Hörð (H)			M	M	M	H	M	M	M	M	M	M	
GPS													
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
II	pH	Mælt gildi	7.23	7.28	5.49	EM	6.80	7.27	7.31	7.30	7.11	6.77	
	Eh (mV)	Mælt gildi	-190	-239	-314	EM	-338	-236	-193	-224	-250	-357	
		Með viðm.gildi*	28	-20.6	-96		-120	-18	24.6	-6	-32	-139	
	pH/Eh	skv. mynd D.1**	1	2	5		3	2	1	2	2	3	
Hiti í seti °C		6.6				7.5	7.7	7.0	7.0	6.3	6.4		
Ástand sýnis:			1	2	4		4	2	1	2	2	4	
Ástand flokks II:			Hiti buffera(°C): 7,7				Hiti í sjó(°C): 7.0						
			Eh í sjó				Viðm. Gildi=218						
Gasbólur	Já = 4			4									
	Nei = 0		0	0		0	0	0	0	0	0	0	
Litur	Ljós/grá = 0												
	Brúnt/svart = 2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Lykt	Engin = 0												
	Vottur = 2		2	2			2	2	2	2			
	Sterk = 4			4	4	4						4	
Áferð	Þétt=0		0	0		0	0	0	0	0			
	Mjúk=2					2						2	
	Laus = 4			4									
Rúmmál greipar	< 1/4 = 0		0	0		0	0	0	0				
	1/4 - 3/4 = 1									1	1		
	> 3/4 = 2			2									
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0		0	0		0	0	0	0	0			
	2 cm-8 cm = 1				1							1	
	> 8 cm = 2			2									
Samtals =			4	4	18	7	8	4	4	4	5	10	
Gildi margfaldað með 0,22			0.9	0.9	4.0	1.5	1.8	0.9	0.9	0.9	1.1	2.2	
Ástand sýnis			1	1	4	2	2	1	1	1	2	3	
Ástand flokks III			1.4										
Meðaltal flokka II og III			0.9	1.4	4.5		2.4	1.4	0.9	1.4	1.6	2.6	
Ástand sýna			1	2	4		3	2	1	2	2	4	
pH/Eh	Leiðréttingar summa		Flokkur I: tilvist dýra										
	Index	Meðaltal	Einkunn		Hlutfall sýna					Einkunn			
	< 1, 1		1		< 0,5 % sýna með dýr					Ásættanlegt; Á			
	1,1-<2,1		2		> 0,5 % sýna án dýra					Óásættanlegt; Ó			
	2,1-<3,1		3										
	≥3		4										

*Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes.

Skoðað þann 10.maí 2018 á síð https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf

**Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016).

Staðsetning: Griपालdi hámark MOM B

Gr.	Breyta	Stig	Númer sýnis								stuðull	
			11	12	13	14	15	16				
Botngerð: Mjúk (M), Hörð (H)			M	M	H	H	H	H				
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0	0	0				0.08
			Á									
II	pH	Mælt gildi	7.22	6.1	EM	7.74	7.79	7.25				
	Eh (mV)	Mælt gildi	-320	-388	EM	-133.3	-56.5	-65				
		með viðm.gildi*	-102	-170		84.7	161.5	153				
	pH/Eh	skv. mynd D.1**	2	5		1	0	0				2.1
		Hiti í seti °C	EM	7.8		6.8	6.8	6.8				
		Ástand sýnis:	2	4		1	1	1				
		Ástand flokks II:	3									
III	Gasbólur	Já = 4		4								
		Nei = 0	0		0	0	0	0				
	Litur	Ljós/grá = 0										
		Brúnt/svart = 2	2	2	2	2	2	2				
	Lykt	Engin = 0					0	0				
		Vottur = 2			2	2						
		Sterk = 4	4	4								
	Áferð	Þétt=0				0	0	0				
		Mjúk=2	2		2							
		Laus = 4		4								
	Rúmmál greipar	< 1/4 = 0	0	0	0	0	0	0				
		1/4 - 3/4 = 1										
		> 3/4 = 2										
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0		0	0	0	0					
	2 cm-8 cm = 1											
	> 8 cm = 2		2									
	Samtals =	8	16	6	4	2	2					
		Gildi margfaldað með 0,22	1.8	3.5	1.3	0.9	0.4	0.4				1.5
		Ástand sýnis	2	4	2	1	1	1				
		Ástand flokks III	2									
		Meðaltal flokka II og III	1.9	4.3		0.9	0.7	0.2				1.8
		Ástand sýna	2	4		1	1	1				
pH/Eh	Leiðréttingar summa Index	Meðaltal	Einkunn	Flokkur I: tilvist dýra				Einkunn				
		< 1, 1	1	Hlutfall sýna				Hlutfall sýna		Ásættanlegt; Á		
		1,1-<2,1	2	< 0,5 % sýna með dýr				< 0,5 % sýna með dýr		Ásættanlegt; Á		
		2,1-<3,1	3	> 0,5 % sýna án dýra				> 0,5 % sýna án dýra		Óásættanlegt; Ó		
		≥3	4									
HEILDAR EINKUNN SVÆÐIS											2	

*Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes.

Skoðað þann 10.maí 2018 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>

**Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016).

Fyrirtæki: Laxar
Gripaldi hámark

Dags: 8.9.2021

Gátlisti B.2

Sýnatökustaður	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dýpi (m)	80	80	50	50	50	90	95	90	75	65
Fjöldi tilrauna við	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1
Loftbólur við sýnatöku	nei	nei	nei	nei	nei	nei	nei	nei	nei	nei
Setgerð	Leir							x	x	x
	Silt									
	Sandur	x	x		x	x	x	x		
	möl				x		x			
	Skeljasandur									
Grjótbotn										
Steinbotn	x	x				x				
Skrápdýr (fjöldi)										
Krabbadýr (fjöldi)							1			
Skeljar (fjöldi)	1	5			1					
Burstaormar (fjöldi)	>100	>50		20-30	<10	20-30	20-30	20-30	>100	20-30
Önnur dýr (samtal fjöldi)										
Beggiatoa			x							
Fóður leifar/skítur	x	x	x		x					x

Gátlisti B.2

Sýnatökustaður	11	12	13	14	15	16
Dýpi (faðmar)	65	60	90	80	81	100
sýnatöku	1	2	3	1	1	2
Loftbólur við sýnatöku	nei	nei	nei	nei	nei	nei
Setgerð	Leir	x				
	Silt		x		x	x
	Sandur			x	x	x
	möl					
	Skeljasandur					
Grjótbotn						
Steinbotn			x			
Skrápdýr (fjöldi)						
Krabbadýr (fjöldi)						
Skeljar (fjöldi)						1
Burstaormar (fjöldi)	40-50	10-20	<10	10-20	10-20	10-20
Önnur dýr (samtals fjöldi)						
Beggiatoa		x				
Fóður leifar/skítur	x	x		já	nei	já

Viðauki II.

Botnset ósigtað (t.v.) og sigtað (t.h.) frá Gripalda





Stöð 6



Stað 7



Stað 8

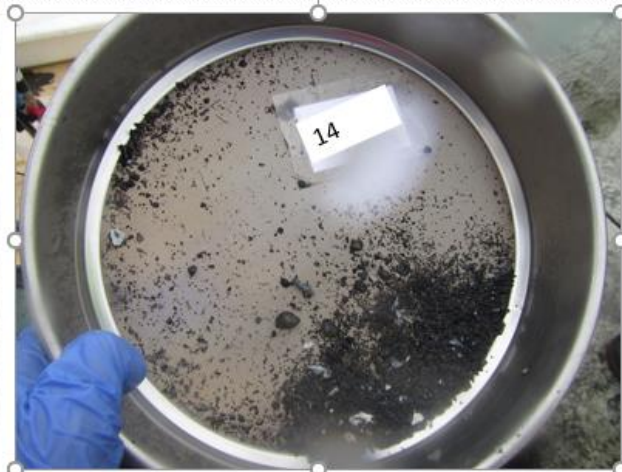


Stað 9



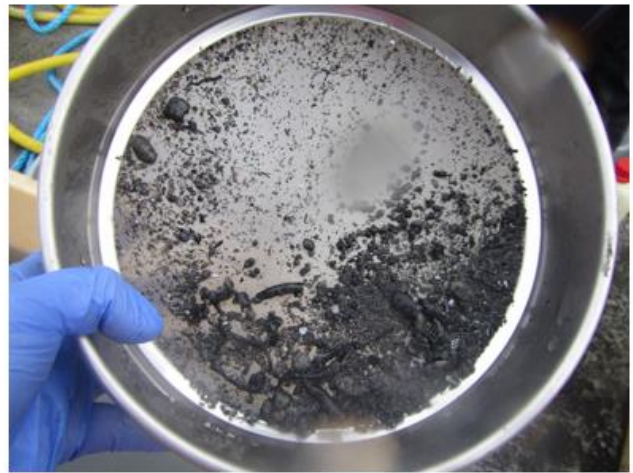
Stað 10







Stoð 16



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstað • Sími 477-1774 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstöðum • Veffang: www.na.is

Viðauki II. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæði við Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C).

Rannsóknir á botnseti við fiskeldissvæðið
Gripalda í Reyðarfirði
Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C)

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA-220228	Dags (mánuður, ár): Maí 2022	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Rannsóknir á botnseti við fiskeldissvæðið Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C)		Upplag: 3 Síðufjöldi: 26 Fjöldi korta: Fjöldi viðauka: 2
Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir		
Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf.		
Útdráttur: <p>Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti innan nærsvæðis fiskeldissvæðisins við Gripalda í Reyðarfirði við hámarks lífmassa. Niðurstöður þeirra rannsókna gáfu tilefni til að virkja vöktun á sniði út fyrir nærsvæði fiskeldisins til að kanna mögulega mengun utan þess. Bakgrunnur athuganir í tengslum við mata á umhverfisáhrifum höfðu áður verið gerðar á svæðinu.</p> <p>Sýnum var safnað af botnseti á fimm stöðum við Gripalda í október 2021, þrjár stöðvar voru staðsettar á sniði í straumstefnu (25 til 200 m fjarlægð frá kví) frá kvíum, ein stöð var staðsett í dýpsta hluta svæðisins og ein á móti straumstefnu. Einnig var ein viðmiðunarstöð tekin í um 1 km fjarlægð frá eldissvæðinu. Fjögur sýni voru tekin á hverjum stað. Í öllum sýnum var redox gildi og pH-gildi mælt í efstu lögum botnsetsins og sýnum lýst með tilliti til litar, lyktar, áferðar og hvort gasbólur eða hvít skán sæist. Sýnin voru síðan sigtuð og dýr talin og greind til tegunda. Allar niðurstöður voru skráðar í gátlista og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi. Þau gildi voru síðan lögð saman og út frá þeirri samlagningu fékk svæðið ákveðna einkunn með tilliti til ástands. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = <i>mjög gott</i>, 2 = <i>gott</i>, 3 = <i>slæmt</i> og 4 = <i>mjög slæmt</i>. Að auki var eitt sýni tekið á hverri staðsetningu í sniðvöktun til efnagreininga á lífrænu kolefni, heildarmagni köfnunarefnis, og heildarmagni lífrænna leifa í seti. Sex sjósýni voru tekin í febrúar 2022 í 25 – 1.000 m fjarlægð frá kvíum til efnagreininga á styrk nitrats, nítríts, fosfats, kísils og ammoníum.</p> <p>Niðurstöður mælinga og skynmats sniðvöktunar sýndu að ástand botnsets var <i>mjög gott</i> á öllum stöðvum og var heildareinkunn svæðisins að sama skapi <i>mjög gott</i>. Lífrænt kolefni, köfnunarefni og heildarmagn lífrænna leifa mældist lágt á öllum stöðum. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á sömu stöðvum og mælingar og skynmat var gert sýndu að ástandið var <i>mjög gott</i> eða <i>gott</i> út frá fjölda tegunda, fjölbreytni Shannon's og hlutfalli algengustu tegundarinnar. Næst kvíum voru tegundir sem eru notaðar sem vísitægi á uppsöfnun lífrænna leifa. Hlutfallslegur þéttleiki þessara tegunda var mestur á stöðvum í 25 – 55 m fjarlægð frá kvíum (algengasta tegund eða þriðja algengasta tegund) en þær fundust ekki á viðmiðunarstöð. Niðurstöður á efnamælingum í sjósýnum höfðu ekki borist þegar þessi skýrsla kom út og verða þær birtar í annarri vöktunarskýrslu.</p>		
Lykilorð: Gripaldi, hámark lífmassa, vöktun, snið, botnset, sýni, sjór.	ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
Yfirfarið: Kristín Ágústsdóttir, Bárður Arnaldsson og Ísak Örn Guðmundsson	ISBN nr: 978-9935-9633-9-0 (rafræn útgáfa)	

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	4
1. Inngangur	5
2. Staðhættir	5
3. Aðferðir	5
a. Vöktun lífríkis á sjávarbotni.....	5
2.1.1 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati	7
2.1.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni	9
b. Vöktun strandsjávar	10
2.2.1 Næringarefni	10
2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna	10
2.3 Töluleg úrvinnsla	11
4. Niðurstöður	12
3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni.....	12
3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti	12
3.1.2 Botnhryggleysingjar.....	13
3.2 Vöktun strandsjávar	18
3.2.1 Næringarefni	18
3.2.2 Súrefni	18
5. Umræður	18
6. Heimildir	20

Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun vegna botnsýna á fimm stöðum (St1–St5) og viðmiðunarstöð (St6) við Gripalda í Reyðarfirði í október 2021 og vegna sjósýna (Sjór1-6) í febrúar 2022 (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).....	6
2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013).....	8
3. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m ² á hverri stöð (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Gripalda í október 2021.	13
5. mynd. Klasagreining á botnsýnum við Gripalda í október 2021.	18

Töfluskrá

Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).	7
Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)	9
Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016).....	9
Tafla 4. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener, $H' \log_2$) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018).	9
Tafla 5. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018).....	10
Tafla 6. Viðmiðunargildi fyrir vetrarstyrk næringarefna ($\mu\text{mol L}^{-1}$) í strandsjó á vistsvæði 1. Tafla unnin upp úr Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).	10
Tafla 7. Hnit, dýpi og lýsing á fimm botnsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5) og einni viðmiðunarstöð (6) við Gripalda í október 2021.....	12
Tafla 8. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar <63 μm í sýni, heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvigt) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Gripalda þann 12. október 2021.	13
Tafla 9. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaorma tegunda á fimm stöðvum (1–5) og við Gripalda og einni viðmiðunarstöð (6) í október 2021.	14
Tafla 10. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingja sem fundust á fimm stöðvum (1 – 5) við Gripalda og einni viðmiðunarstöð (6) í október 2021.	16
Tafla 12. Yfirlit algengustu tegunda hryggleysingja og hlutfall (%) þeirra af heildarþéttleika, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ($H' \log_2$) og einsleitnistuðul Pielous J' á sex stöðvum við sniðvöktun við Gripalda í október 2021. Litir vísa til ástands hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá norskum stöðlum (Standard Norge, 2016; Molvær o.fl., 1997): Mjög gott=blátt, grænt=gott, gult=slæmt. Staðsetning stöðva má sjá á 1. mynd.	17
Tafla 13. Vísitala skyldleika (Bray-Curtis) milli stöðva við fiskeldissvæðið Gripalda í október 2021.....	17

1. Inngangur

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOM B) fiskeldissvæðisins við Gripalda í Reyðarfirði við hámark lífmassa í október 2021 og febrúar 2022. Niðurstöður nærsvæðis rannsókna (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2021) leiddu í ljós að heildareinkunn fyrir svæðið var lakara en *mjög gott* og því þurfti að virkja vöktun á sniði út fyrir fiskeldissvæðið (MOM C) til að kanna nánar mögulega mengun utan nærsvæða (Standard Norge, 2016). Sú úttekt fór fram þann 12. október 2021. Farið var í sýnatökur á bátnum Sögu í eigu Laxar fiskeldis og var veður gott, nánast logn og úrkomulaust.

Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum sniðvöktunar (MOM C): tegundagreiningu hryggleysingja ásamt mælingum og skynmati á botnseti. Auk þess er gerð grein fyrir niðurstöðum mælinga á næringarefnum í sjó sem tekin voru í febrúar .

2. Staðhættir

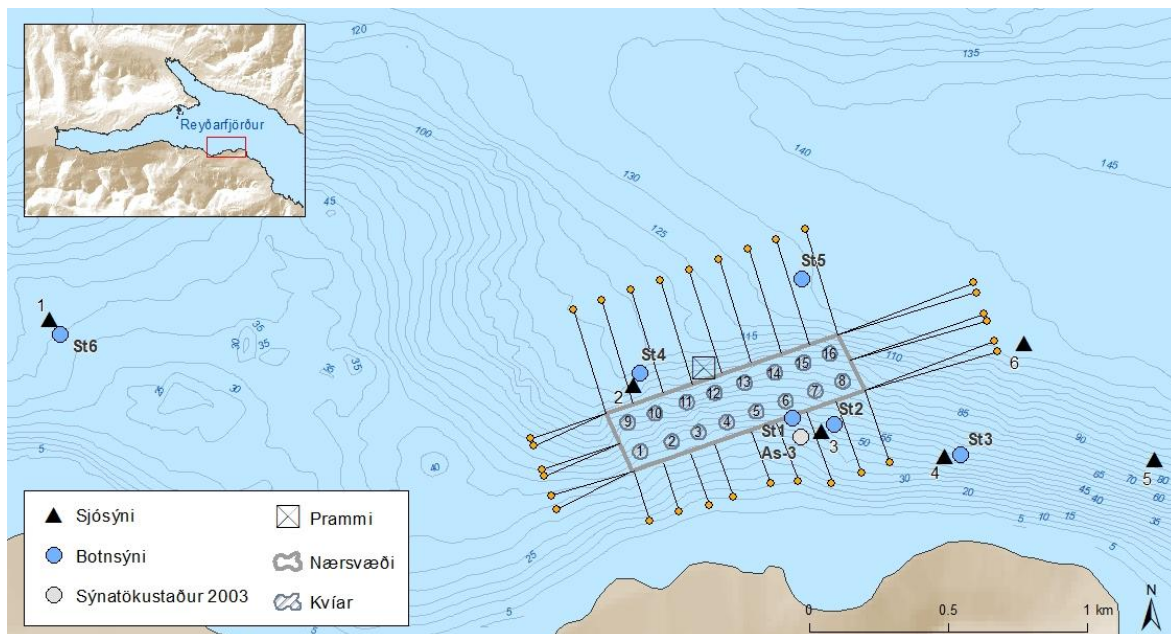
Önnur kynslóð laxfiska var sett út við Gripalda frá júní til ágúst 2020 og hafði verið í svæðinu í rúmlega 12 mánuði þegar sýnataka fór fram. Við sýnatöku var lífmassi 5.171 tonn og fóðrunin var yfir 30 tonn á dag (Atli Sigurðarson, stöðvarstjóri hjá Löxum, tölvupóstur þann 7. september 2021). Kvíastæðið saman stóð af 16 kvíum í tveimur kvíaröðum, 8 kvíar í hvorri röð og voru allar í notkun á eldistímanum (1. mynd).

Megin straumstefna sjávar í Reyðarfirði er inn fjörðinn að norðanverðu og út fjörðinn að sunnan verðu. Dreifistraumur (35 m dýpi) við Gripalda liggur að mestu í suðaustlæga átt út fjörðinn (Björgvin Harri Bjarnason, 2002). Á svæðinu er lítill botnhalli frá landi að u.þ.b. 20 metrum en þá dýpkar hratt alveg niður á 130 metra, en kvíarnar voru á 50 – 110 m dýpi (1. mynd).

3. Aðferðir

a. Vöktun lífríkis á sjávarbotni

Botnsýni í sniðvöktun (MOM C) voru tekin á fimm stöðvum út frá nærsvæði eldissvæðisins við Gripalda og einni viðmiðunarstöð. Staðsetningar stöðva voru í 25 m, 55 m, 100 m og 500 m fjarlægð frá kvíum (1. mynd) og viðmiðunarstöð var staðsett 1000 m í vestur frá kvíastæðunni. Sýnatakan var unnin eftir *ISO staðli 12878:2012* um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis á mjúkbotn (Staðlaráð Íslands, 2016). *ISO staðli 16665:2014* um leiðbeiningar á magnbundinni sýnatöku og meðferð sýna á lífríki á mjúkbotni (International Standard, 2014) og norskum staðli *NS 9410:2016* um umhverfisvöktun á áhrifum fiskeldis í sjó á sjávarbotn (Standard Norge, 2016).



1. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun vegna botnsýna á fimm stöðum (St1–St5) og viðmiðunarstöð (St6) við Gripalda í Reyðarfirði í október 2021 og vegna sjósýna (1–6) í febrúar 2022 og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (As-3) (Porleifur Eiríksson o.fl., 2003) (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

Sýni voru tekin með Shipek botngreip (290 cm²), fjögur sýni voru tekin á hverri stöð, þrjú til tegundagreiningar á hryggleysingjum og eitt til efnagreininga. Dýpi var skráð m.v. mælitæki báts og sýnatökustaðir hnitsettir. Öll sýni til tegundagreininga á hryggleysingjum voru sigtuð á staðnum með 0,5 mm sigti og þeim komið fyrir í hæfilega stórum sýnadósum. Því næst var 10% formalíni hellt á þau ásamt boraxi til að koma í veg fyrir að kalkhlutar lífvera leystust upp. Eftir nokkra daga var formalíninu hellt af sýnunum og 70% etanóli bætt á þau og þau send til Náttúrustofu Vestfjarða þar sem dýrin voru talin og þau greind í tegundir/hópa.

Í einu sýni á hverri stöð var afoxunarmáttur (**reduction–oxidation reaction**) setsins mældur (kallað redox-gildi hér eftir) með Euthech pH 450 mæli og redox/ORP rafskauti frá Thermo Fisher (Thermo Fisher Scientific inc., 2007), ásamt hitastigi (°C) og pH-gildi sem var mælt með Orion STAR A324 hitamæli og Ross pH rafskauti. Rafskautum mælanna var stungið u.þ.b. 1 cm ofan í setið um leið og sýnið kom upp og lesið af þegar mælar sýndu stöðug gildi. Að því loknu var sýnið losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert, þ.e. hvort lykt af brennisteinsvetni (H₂S) fyndist af setinu, hvornig litur þess var, setgerð, þéttleiki sets og þykkt mögulegs uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæist í sýni, hvort gasbólur sæjst og hvort hvít skán væri á yfirborði setsins (Beggiatoa). Einnig var rúmmál greipar skráð.

2.1.1 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati

Allar niðurstöður sem fengust með athugun á tilvist dýra, mælingum og skynmati voru skráðar í staðlaðan gátlista (Standard Norge, 2016) þar sem hver þáttur sem kannaður var fékk ákveðið gildi (sjá kafla 2.1) sem gaf vísbendingu um hversu mikil uppsöfnun var af lífrænum leifum á botninum. Gátlistanum er skipt í þrjá flokka.

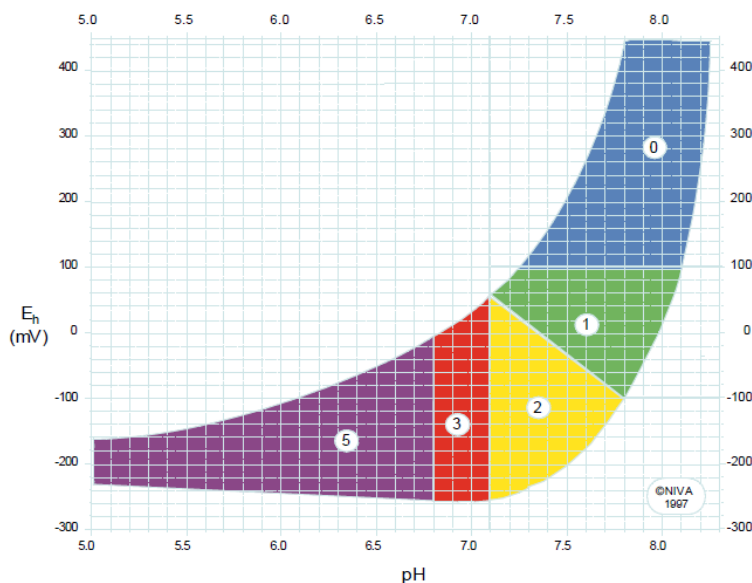
Flokkur I, tilvist dýra: þar er skráð hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 1).

Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).

	Ásættanlegt	Óásættanlegt
Tilvist dýra	<0,5	>0,5

Flokkur II, mæld gildi (redox/pH): Redox og pH mælingar í botnseti gefa upplýsingar um ástand sets. Redox gefur upplýsingar um oxunargetu setsins (oxunarafoxunarspennu). Þegar redox gildi mælist jákvætt eru O_2 , NO_3^- , Mn^{4+} , Fe^{3+} ráðandi oxarar en þar sem neikvæð gildi mælast eru SO_4^{2-} og CO_2 oxarar á lífrænt efni (Aller, 2004). Til að staðla redox gildin þarf að umreikna mæld gildi (E_{SHE}) með því að bæta við gildi samkvæmt leiðbeiningum sem fylgja með rafskautinu, en þau gildi eru háð hitastigi (Thermo Fisher Scientific Inc., 2007). Rétt gildi fæst með jöfnunni $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$. Umreikningar eru gerðir til að redox gildin séu samanburðarhæf við aðrar rannsóknir og þekkt gildi í botnseti (t.d. Hargarve o.fl. 2008; Zettler o.fl., 2007; Wildish o.fl. 2001; Brooks o.fl. 2003).

Umreiknuð redox og pH gildin eru síðan mátuð við ástandskvarða (2. mynd) sem ákvarðar ástand setsins út frá redox og pH mælingunum. Ástand setsins er lakara eftir því sem redox og pH gildi mælast lægri (Standard Norge, 2016). Hvert sýni fær ákveðna einkunn eftir því hvar það lendir á kvarðanum og eru ástandsflokkarnir fimm: 0=*mjög gott* (*bakgrunnsgildi*), 2 = *gott*, 3 = *slæmt*, 4= *mjög slæmt* og 5= *óásættanlegt* (2. mynd).



2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013).

Flokkur III, skynmat. Ástand sets út frá skynmati tekur til sex þátta þ.e. gasbólur, litur, lykt, áferð sets, rúmmál greipar og þykkt grots og fær hver þáttur ákveðna einkunn. Ef *gasbólur* eru til staðar gefur það 4 stig, engar gasbólur gefa 0 stig; *ljóst/grátt set* gefur 0 stig, brúnt / svart set gefur 2 stig; engin *lykt* gefur 0 stig, vottur af lykt 2 stig og sterk lykt 4 stig; *þétt set* gefur 0 stig, mjúkt 2 stig og laust 4 stig; *rúmmál greipar* minna en $\frac{1}{4}$ gefur 0 stig, rúmmál milli $\frac{1}{4}$ og $\frac{3}{4}$ gefur 1 stig og rúmmál yfir $\frac{3}{4}$ gefur 2 stig; *uppsöfnun lífræns efnis* sem er minna en 2 cm gefur 0 stig, á milli 2 og 8 cm gefur 1 stig og yfir 8 cm gefur 2 stig. Summa allra þessara þátta er síðan margfölduð með fasta sem er 0,22 og fæst þá ástand sýnis út frá skynmati.

Loks er meðaltal gilda úr flokki II og III fengin og hvert sýni og svæðið í heild fær einkunn samkvæmt mældum gildum og skynmati. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = *mjög gott*, 2 = *gott*, 3 = *slæmt* og 4 = *mjög slæmt* (Tafla 2) (Standard Norge, 2016).

Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum (redox/pH) og skynmati (litur, lykt af brennistein, áferð, þykkt grots, gasbólur o.fl.) (Standard Norge, 2016)

	1 Mjög gott	2 Gott	3 Slæmt	4 Mjög slæmt
Meðaltal mældra gilda og skynmats	<1,1	1,1–<2,1	2,1–<3,1	≥3,1

2.1.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni

Við mat á ástandi út frá hryggleysingjum er horft til þéttleika hryggleysingja (fjöldi/m²), fjölda tegunda og hlutfallslegan þéttleika einstakra tegunda og eru ástandsflokkarnir fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4= mjög slæmt (Tafla 3) (Standard Norge, 2016).

Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016).

	1 Mjög gott	2 Gott	3 Slæmt	4 Mjög slæmt
Fjöldi tegunda	>20	5–19	1–4	0
Hlutfall (%) algengustu tegundarinnar	<65%	<90%	>90%	

Til að meta ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni var stuðst við norsk viðmið (Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 4) þar sem ekki er búið að móta slík viðmið hér á landi. Einnig var horft til viðmiðunaraðstæðna fyrir fjölbreytni botnlægra hryggleysingja við Ísland (Agnes Eydal o.fl., 2014). Ef Shannon Wiener (H', \log_2) er 4 eða hærri þá er talið að ástand botns endurspegli gildi sem má finna á óröskuðum svæðum.

Tafla 4. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener, H', \log_2) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018).

	1 Mjög gott	2 Gott	3 Slæmt	4 Mjög slæmt
Shannon Wiener (H', \log_2)	>4	4–3	2–1	<1

Sýnum til efnagreininga var safnað þannig að efsta lag setsins, um 2 cm, var skafið af með plastskeið og komið fyrir í plastdöllum og sett í kæli. Sýnin voru fryst við heimkomu og síðar send til Hafrannsóknastofnunar til efnagreininga á lífrænu kolefni (TOC), heildarmagni köfnunarefnis (TN) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI). Við mat á ástandi botnsets út frá lífrænu kolefni var stuðst við norsk viðmið (Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 5) en ekki eru til slík viðmið á Íslandi. Gildin eru fengin með formúlunni: $TOC_{63} = TOC_{mg/g} + 18 * (1 - P < 63 \mu m)$.

Tafla 5. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018).

	1	2	3	4	5
TOC ₆₃	Mjög gott	Gott	Meðal	Slæmt	Mjög slæmt
Heildarmagn lífræns kolefnis miðað kornastærð (% silt og leir, <63 µm)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

b. Vöktun strandsjávar

2.2.1 Næringarefni

Sýnum til mælinga á næringarefnum í strandsjó var safnað á fimm stöðum þann 11. febrúar 2022 (1. mynd). Tvö sýni á hverri stöð voru tekin á 10 m dýpi með Niskin sjótaka (1,7 L) frá Hydrobios og sett í sýrupvegnaflöskur (25 ml). Sýnunum var komið fyrir í kælitösku og fryst við heimkomu og síðar send til Hafrannsóknastofnunar þar sem þau voru mæld samkvæmt stöðluðum aðferðum. Mældur var styrkur nítrats (NO₃), nítríts (NO₂), fosfats (PO₄), kísils (Si) og ammoníum (NH₄). Aðferðir við mælingar á fosfat voru samkvæmt aðferðum Murphy og Riley (1962). Fyrir nítrat, nítrít og kísil var fylgt aðferðum samkvæmt Grasshoff (1970) og fylgt var aðferðum samkvæmt Holmes o.fl. (1999) fyrir ammoníum (Alice Benoit-Cattin, tölvupóstur þann 31. mars 2021). Við mælingu á nítrati mælist einnig nítrít (NO₂) í sýninu og fæst því mæling á heildar oxuðu köfnunarefni. Sjórinn á grunnsævi á þessum árstíma er að öllu jöfnu upp blandaður og því líklegt að styrkur næringarefna sé sá sami frá yfirborði og niður á botn (Sólveig R. Ólafsdóttir hafefnafræðingur hjá Hafrannsóknastofnun, tölvupóstur þann 14. janúar 2021) og því var sýni á 10 m dýpi látið duga.

2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna

Til að meta ástand strandsjávar var styrkur næringarefna í sýnunum borin saman við viðmiðunargildi fyrir styrk næringarefna að vetrarlagi í strandsjó á sama vistsvæði (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019; OSPAR, 2013a). Eldissvæðið Gripaldi er Sunnan megin í Reyðarfirði (vatnhlotanúmer 102-1349-C) og fellur undir opið svæði á vistsvæði 1 þar sem vetrarhiti sjávar er að öllu jöfnu 1-4°C. Samkvæmt viðmiðunum er svæði talið lítt mengað ef styrkur uppleysts köfnunarefnis og fosfórs fer ekki yfir 50% af vetrarstyrk miðað við fullsaltan sjó á sama svæði (OSPAR, 2001) (Tafla 6).

Tafla 6. Viðmiðunargildi fyrir vetrarstyrk næringarefna (µmól L⁻¹) í strandsjó á vistsvæði 1. Tafla unnin upp úr Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).

Efni	Vetrarstyrkur á 50% af vetrarstyrk á	
	vistsv. 1	vistsv. 1
Nítrat (NO ₃)	12,2-13,1	18,3-19,6
Fosfat (PO ₄)	0,88-0,89	1,32-1,34
Kísill (Si)	7,2-9,9	10,8-14,85

Ekki hafa verið skilgreind viðmiðunarmörk fyrir ammoníum (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019).

2.3 Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert botnsýni (greip 0,029 m²) var þéttleiki hryggleysingja reiknaður út sem fjöldi dýra á fermetra (dýr/m²). Meðalþéttleiki hvernar tegundar hryggleysingja var reiknaður út frá öllum greipum sem teknar voru á viðkomandi stöð og heildarþéttleiki hryggleysingja var því samanlagður meðalþéttleika allra tegunda innan hvernar stöðvar. Hlutfall (%) hvernar tegundar innan stöðvar var reiknað út frá heildarþéttleika viðkomandi tegundar á móti samanlögðum heildarþéttleika allra tegunda á viðkomandi stöð. Fjöldi hryggleysingja-tegunda fyrir hverja stöð var talinn og fjölbreytni og jafnræði reiknuð út fyrir hverja stöð með Shannon-Wiener H' fjölbreytileika stuðli (Magurran, 2004) og einsleitnistuðli Pielou's J' . Þráðormum (Nematoda) var sleppt við útreikninga.

Shannon-Wiener fjölbreytni stuðull H' er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) (\log_2 p_i)$$

þar sem s = fjöldi tegunda, p_i = hlutdeild af heildarsýni sem tilheyrir tegund i . Eftir því sem fjölbreytni eykst hækkar gildið. Þessi stuðull er mikið notaður við vistfræðirannsóknir.

Einsleitnistuðull Pielou's J' , er nátengdur Shannon-Wiener stuðlinum, en sýnir hvort jafnræði er milli tegunda innan sýnisins, eða hvort ein eða fáar tegundir séu sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar eftir því sem tegundum fækkar. Þegar einungis ein tegund er í sýnum þá verða báðir þessir stuðlar núll.

Einsleitnistuðull Pielou's J' er reiknaður á eftirfarandi hátt:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Fyrir hverja stöð var vísitala skyldleika (*Bray-curtis similarity coefficient*) reiknuð út til að kanna hversu líkar stöðvar voru hvað varðar tegundasamsetningu hryggleysingja og þéttleika. Greiningin reiknar út hversu margar tegundir/hópar eru sameiginlegar milli stöðva og gefur gildi frá 0 til 1, þar sem 0 táknar að þær tvær stöðvar sem er verið að bera saman hafi enga tegund sameiginlega (100% ólíkar) en 1 táknar að allar tegundir hafi verið sameiginlegar (100% líkar). Niðurstöðurnar eru settar fram sem prósentu (%) af sameiginlegum tegundum milli stöðva. Klasagreining (*hierarchical cluster analysis with group -average linking*) var notuð til að flokka stöðvar saman í hópa eftir því hversu líkar þær eru en vísitala skyldleika er notuð til þess.

Útreikningar á þéttleika hryggleysingja fyrir hverja stöð voru gerðar í forritinu R, útgáfa 3.6.2 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016) með pakkanum *dplyr* útgáfu 1.0.7 (Wickham, 2021). Til að teikna gröf var pakinn *ggplot2*, útgáfa 3.2.1 (Wickahm, 2016) notaður. Við útreikninga á fjölbreytnistuðlum var notast við *Benthos*

pakkann útgáfa 1.3-6 (Walvoort, 2019) og til að reikna út vísitölu skyldleika (Bray-curtis) og klasagreiningu var notast við pakkann *Vegan* útgáfa 2.6-2 (Oksanan o.fl., 2022).

4. Niðurstöður

3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti

Allar greipar voru vel lokaðar. Magn sets í hverri greip var í öllum tilfellum minna en $\frac{1}{4}$ af heildarrúmmáli greipar nema í einu sýni þar sem það var meira en $\frac{3}{4}$. Niðurstöður mældra gilda og skynmats í sniðvöktun (MOM C) sýndi að öll sýni fengu einn í einkunn sem telst *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins *mjög gott* (1. mynd og Viðauki I). Dýpi sýnatökustöðva í sniðvöktun (MOM C) var 51–137 m, grynnt á stöð 6 en dýpst á stöð 5. Setgerð á botni reyndist sandur og silt á stöðvum 1 og 2 en leir og silt á öðrum stöðvum. Það vottaði fyrir lykt af brennisteinsvetni (H_2S) af sýnum á stöðvum 1 og 2 en engin lykt fannst af öðrum sýnum (Tafla 7).

Tafla 7. Hnit, dýpi og lýsing á fimm botnsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5) og einni viðmiðunarstöð (6) við Gripalda í október 2021.

Stöðvar	Dags	Hnit		Dýpi (m)	Lykt af H_2S	Setgerð	Litur og áferð
		Lat	Long				
1	12.10.2021	65.01236	-13.94029	59	Vottur	Sandur	Brún/svört, þétt
2		65.01201	-13.93749	52	Vottur	Sandur/silt	Brún/svört, þétt
3		65.01080	-13.92839	63	Engin	Leir/silt	Ljós/grá, þétt
4		65.01400	-13.95210	110	Erigin	Leir	Ljós/grá, þétt
5		65.01695	-13.93882	137	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
6		65.01713	-13.99587	51	Engin	Leir/silt	Ljós/grá, þétt

Gildi pH mældist á bilinu 7,29 til 7,73 ekki var unnt að mæla pH á stöð 5. Redox-gildi voru á bilinu 68 til 327 mV. Fimm sýni voru með gildi hærri en 100 mV og teljast því til bakgrunnsgilda. Sýni á stöð 2 mældist með gildi sem gefa vísbendingu um að hnignun sé í setinu en það sýni var tekið sunnan við kvíaröðina í straumstefnu (í 55 m fjarlægð frá kví) Hæsta gildið mældist á sýnatökustað 3 sem var í um 500 m fjarlægð í suðaustur frá kvíum (Tafla 8 og 1. mynd).

Lífrænt kolefni (TOC) mældist frá 7–16 mg/g lægst á stöð 2 og hæst á stöð 5. Heildar lífrænt kolefni leiðrétt fyrir kornastærð (nTOC) var frá 8–22 mg/g lægst á stöð 2 þar sem hlutfall kornastærðar <63 μm var lægst (8,4%) en mest á viðmiðunarstöð (stöð 6) þar sem hlutfall kornastærðar <63 μm var hæst (41,9%). Ástand sets út frá lífrænu kolefni var *mjög gott* eða *gott* á öllum stöðvum miðað við norska staðla (Iversen & Sandøy, 2018). Heildarmagn köfnunarefnis (TN mg/g) í seti mældist 0,72–2,00 og heildarmagn lífrænna leifa (LOI, %) var frá 6,48–8,57% af þurrefni (Tafla 8).

Tafla 8. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar <63 µm í sýni, heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvig) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Gripalda þann 12. október 2021.

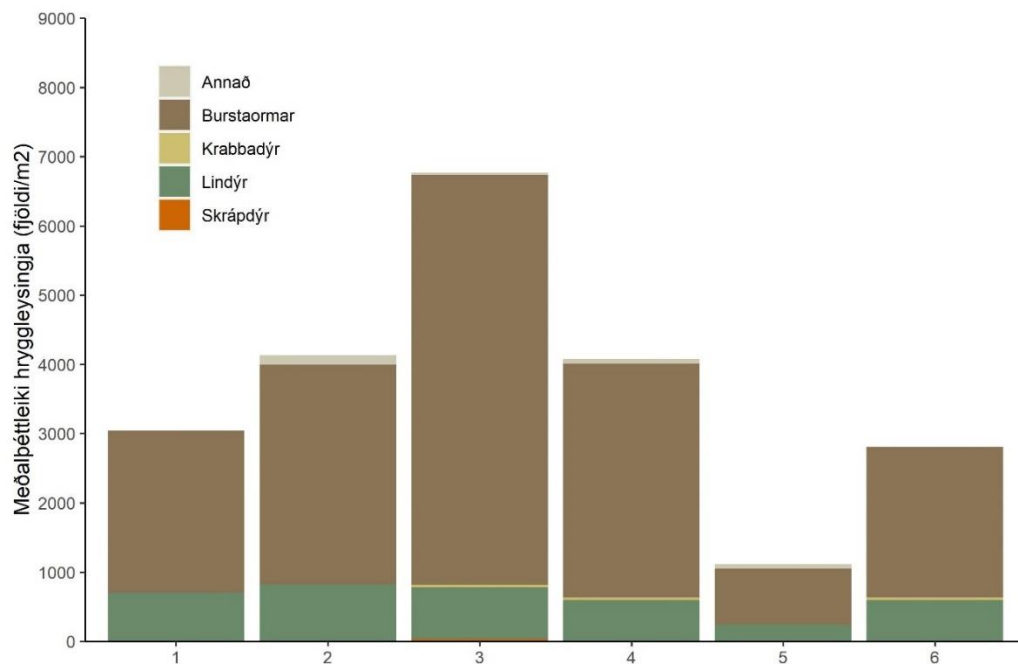
Stöð	Fjarl. frá kví	pH	Redox	TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	TN mg/g
1	25	7,55	214,1	10	25,1	15	4,72	0,90
2	55	7,73	68,0	7	8,4	8	4,38	0,72
3	500	7,45	327,4	8	16,7	11	4,44	0,93
4	200	7,29	103,6	8	19,1	12	4,64	0,77
5	55	EM	124,5	16	31,2	22	8,61	2,00
6	1000	7,33	116,9	15	41,9	22	6,75	1,00

*Heildarmagn lífræns kolefnis miðað við kornastærð (% silt og leir, <63 µm)

Nánar má sjá niðurstöður fyrir alla þætti hverrar sýnatökustöðvar úr sniðvöktun (MOM C) í viðauka I.

3.1.2 Botnhryggleysingjar

Meðalþéttleiki hryggleysingja var frá 1.115 til 6.770 dýr á fermetra (án þráðorma). Flest voru dýrin á stöð 3 og fæst á dýpstu stöðinni (stöð 5) (3. mynd). Burstaormar (Polychaeta) var sá hryggleysingjahópur sem var ríkjandi á botni á öllum stöðvum og var meðalþéttleiki þeirra frá 805 til 5.920 ormar á m² og nam hlutdeild þeirra frá 77%–87% af heildarþéttleika hryggleysingja (3. mynd og Tafla 9). Þeir voru jafnframt tegundaríkasti hryggleysingjahópurinn á öllum stöðvum, en alls voru greindar 39 tegundir/hópar burstaorma af 26 ættum. Fæstar tegundir burstaorma fundust á stöð 1 (næst kvíum) og 5 (dýpstu stöðinni) eða 8 tegundir. Flestar voru þær á stöð 3 (30 tegundir/hópar) (Tafla 9).



3. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m² á hverri stöð (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Gripalda í október 2021.

Tafla 9. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaorma tegunda á fimm stöðvum (1–5) og við Gripalda og einni viðmiðunarstöð (6) í október 2021.

Stöðvar	1	2	3	4	5	6
Burstaormar (Polychaeta)						
Ampharetidae						
<i>Ampharete borealis</i>				69	34	34
Capitellidae						
<i>Capitella capitata</i>	839		184	466		
Cirratulidae						
<i>Cirratulus cirratus</i>			34			
<i>Chaetozone setosa</i>	103	805	782	1034	92	506
Cossuridae						
<i>Cossura longocirrata</i>		667	483	552	207	276
Dorvilleidae						
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	299	218				
<i>Parougia nigridentata</i>	632	609	172	115	69	
Flabelligeridae						
<i>Pherusa</i>			34			
Goniadidae						
<i>Goniada maculata</i>			34			
Lumbrineridae						
<i>Lumbrineris sp.</i>			52	34	34	
<i>Scoletoma fragilis</i>			69			
Maldanidae						
<i>Maldane sarsi</i>		34	2052	34	103	259
<i>Nicomache sp.</i>			52			
<i>Praxillella sp.</i>						34
<i>Rhodine gracilior</i>			52			
Microphthalmidae						
<i>Microphthalmus aberrans</i>	69	34				
Nephtyidae						
<i>Nephtys sp.</i>		34	34	69		
Onuphidae						
<i>Nothria conchylega</i>			34			
Opheliidae						
<i>Ophelina acuminata</i>			34			
Orbiniidae						
<i>Scoloplos armiger</i>		69	402	138		126
Oweniidae						
<i>Galathowenia oculata</i>		34	506	172		195
<i>Owenia fusiformis</i>			287	86		161
Paraonidae						
<i>Levinsenia gracilis</i>						34
Pectinariidae						
<i>Lagis koreni</i>		115	52			
Phyllodocidae						
<i>Eteone sp.</i>	172	138	52	34		
<i>Phyllodoce maculata</i>		69	34	34		

Tafla 9. framh.

Stöðvar	1	2	3	4	5	6
Burstaormar (Polychaeta)						
Polynoidae						
<i>Harmothoe</i> spp.			52			
Sabellidae						
<i>Euchone</i> sp.			34	69	34	34
Scalibregmatidae						
<i>Scalibregma inflatum</i>						34
Sigalionidae						
<i>Pholoe</i> sp.		172	52			34
Spionidae						
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	190					
<i>Polydora</i> spp.			34			
<i>Prionospio steenstrupi</i>		69	86	402	230	287
<i>Spio</i> sp.			34	69		86
Sternaspidae						
<i>Sternaspis scutata/islandica</i>			86			34
Syllidae						
	34	34	34			
Terebellidae						
<i>Bradabyssa villosa</i>		34				
<i>Laphania boeckii</i>						34
<i>Polycirri</i>			69			
Samtals	2.339	3.138	5.920	3.379	805	2.172
Fjöldi tegunda	8	16	30	16	8	16

Lindýr (Mollusca) fundust á öllum stöðvum (meðalþéttleiki 241–598 dýr/m²) og voru þau í næst mestum þéttleika (2. mynd). Í heildina voru greindar 16 tegundir/hópar lindýra, 12 tegundir samloka (Bivalvia), 3 tegundir snigla (Gastropoda) og lindýr af flokki Caudofoveata. Flestar tegundir lindýra fundust á stöð 3 (11 tegundir). Af einstaka tegundum var kræklingur (*Mytilus edulis*) algengastur og með mestan þéttleika á einstaka stöðvum (Tafla 10). Krabbadýr voru í litlum þéttleika en tvær tegundir fundust, tegundin *Leptognathia* sp. á stöðvum 3 og 4 og pungrækjan *Eudorella emarginata* á stöð 6.

Af skrápdyrum (Echinodermata) fannst ein tegund krossfiska (*Asterias rubens*) á stöð 3 en hún var í litlum þéttleika (Tafla 10).

Tafla 10. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingja sem fundust á fimm stöðvum (1–5) við Gripalda og einni viðmiðunarstöð (6) í október 2021.

Stöðvar	1	2	3	4	5	6
Lindýr (Mollusca)						
Caudofoveata			34			
Samlokur (Bivalvia)		69				
<i>Abra nitida</i>			69	115	34	161
<i>Acanthocardia echinata</i>						34
<i>Astarte sulcata</i>			34			
<i>Crenella</i>		34	34			
<i>Ennucula tenuis</i>	34	69	46	103	103	161
<i>Hiatella arctica</i>		34				
<i>Macoma calcarea</i>			69			
<i>Musculus discors</i>			34			
<i>Mytilus edulis</i> ungvíði	667	494	276	310	69	
<i>Nuculana</i> sp.			46	34	34	34
<i>Parvicardium</i>				34		
<i>Thyasira</i> sp.		69				34
<i>Yoldia hyperborea</i>						34
Sniglar (Gastropoda)						
<i>Aeolidiidae</i>		86				
<i>Bulbus smithii</i>			34			
<i>Retusa obtusa</i>			69			137.9
Krabbadýr (Crustacea)						
Pungrækjur (Cumacea)						
<i>Eudorella emarginata</i>						34
Tanaidacea						
<i>Leptognathia</i> sp.			34	34		
Skrápdýr (Echinodermata)						
Krossfiskar (Asteroidea)						
<i>Asterias rubens</i>			34			
Ánar (Oligochaeta)		34			34	
Flatormar (Platyhelminthes)		103				

Misjafnt var hvaða tegundir voru í hlutfallslega mestum þéttleika á stöðvunum en burstaormar voru alltaf sá hópur hryggleysingja sem var ríkjandi. Á stöð 1 sem var næst kví var burstaormurinn *Capitella capitata* með mestan hlutfallslegan þéttleika (28%) en á stöð 2, 4 og viðmiðunarstöð (6) var tegundin *Chaetozone setosa* með hlutfallslegan þéttleika sem nam 19%, 25% og 18% hlutdeild af heildarþéttleika hryggleysingja. Á dýpstu stöðinni var *Prionospio steenstrupi* algengust (21%) og á stöð 3 var það *Maldane sarsi* með 30% hlutdeild af heildarfjölda botnhryggleysingja.

Fjöldi allra tegunda/hópa var frá 10 til 44, fæstar voru þær á stöð 1 næst kvíum en flestar tegundir voru á stöð 3.

Fjölbreytni Shannons ($H' \log_2$) var 3 á stöðvum 1 og 3 en 4 á öðrum stöðvum. Ástand hryggleysingjafánunnar á mjúkbotni var *gott* eða *mjög gott* á öllum stöðvunum samkvæmt

útreikningum og mati á fjölda tegunda, hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar. Ástand samkvæmt fjölbreytni (Shannon $H' \log_2$) var gott á öllum stöðvum og einsleitnistuðull Pielous gaf til kynna að jafnræði væri milli tegunda á öllum stöðvum en hann var frá 0,74 – 0,90 en stuðullinn er 0 ef aðeins ein tegund finnst (Tafla 11).

Tafla 11. Yfirlit algengustu tegunda hryggleysingja og hlutfall (%) þeirra af heildarpétteleika, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ($H' \log_2$) og einsleitnistuðul Pielous J' á sex stöðvum við sniðvöktun við Gripalda í október 2021. Litir vísa til ástands hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá norskum stöðlum (Standard Norge, 2016; Molvær o.fl., 1997): Mjög gott=blátt, grænt=gott, gult=slæmt. Staðsetning stöðva má sjá á 1. mynd.

Stöð	Algengasta tegundin	Hlutfall (%)	Fjöldi tegunda*	Shannon ($H' \log_2$)	Pielous (J')
1	<i>Capitella capitata</i>	28	10	3	0,82
2	<i>Chetozone setosa</i>	19	24	4	0,81
3	<i>Maldane sarsi</i>	30	44	4	0,74
4	<i>Chetozone setosa</i>	25	23	4	0,81
5	<i>Prionospio steenstrupi</i>	21	14	3	0,90
6	<i>Chetozone setosa</i>	18	24	4	0,87

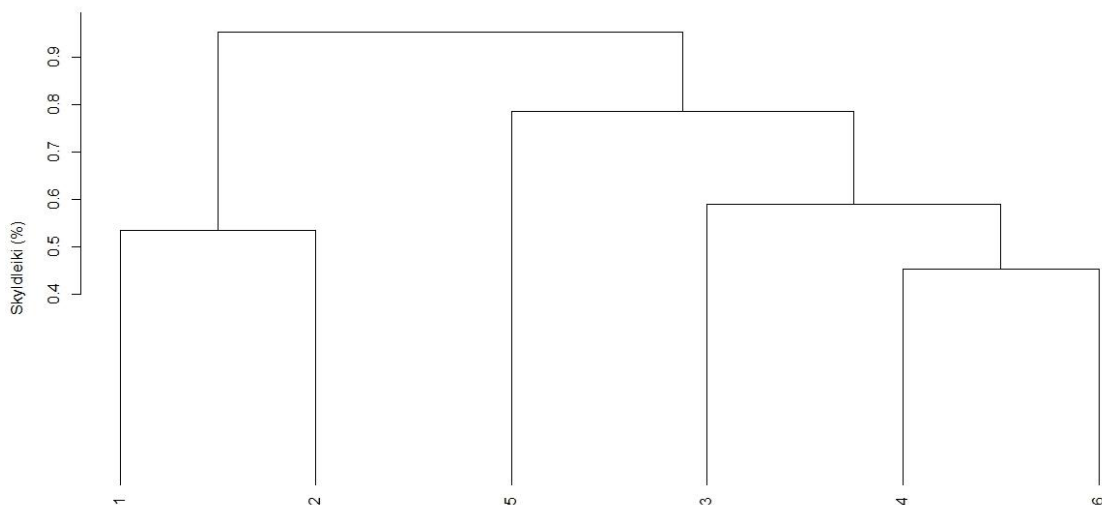
*Að undanskildum þráðormum

3.1.2 Vísitala skyldleika og klasagreining

Vísitala skyldleika (Bray Curtis) var mest milli stöðva 3, 4 og viðmiðunarstöðvar (6) eða meiri en 50% (Tafla 12). Klasagreining leiddi í ljós að stöðvarnar skiptus í tvo megin hópa, annars vegar stöðvar 1 og 2 sem voru í 25 – 55 m fjarlægð í straumstefnu frá kvíum og svo stöðvar 3 – 6 (4. mynd).

Tafla 12. Vísitala skyldleika (Bray-Curtis) milli stöðva við fiskeldissvæðið Gripalda í október 2021.

Stöðvar	1	2	3	4	5	6
1	100					
2	48	100				
3	25	45	100			
4	35	50	60	100		
5	24	36	35	57	100	
6	9	35	47	58	48	100



4. mynd. Klasagreining á botnsýnum við Gripalda í október 2021.

3.2 Vöktun strandsjávar

3.2.1 Næringarefni

Niðurstöður á styrk næringarefna í sjósýnum við Gripalda hafa ekki borist frá Hafrannsóknastofnun og verður gert grein fyrir þeim í sér skýrslu eða með öðrum rannsóknum sem fara fram árið 2022 við eldissvæðin.

3.2.2 Súrefni

Ekki var unnt að mæla súrefni við Gripalda þegar hámark lífmassa var en það verður gert þegar svæðið hefur verið hvílt og áður en næsta kynslóð fer út.

5. Umræður

Niðurstöður skynmats og mælinga (redox og pH) við eldissvæðið Gripalda benda til að uppsöfnun lífrænna leifa sé mest í næsta nágrenni við kvíarnar. Hafrannsóknastofnun gerði mælingar á efnaferlum í seti á Vestfjörðum tengdum fiskeldi þar sem m.a. var sýnt fram á að afoxunarmáttur í botnseti er meiri með aukinni fjarlægð frá sjókvíum (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2020). Ástand botnsetsins út frá mælingum á heildar köfnunarefni (TOC₆₃) leiðréttu fyrir kornastærð var einnig *mjög gott* eða *gott* samkvæmt norskum mengunarstöðlum (Molvær o.fl., 1997) en það mældist betra á þeim stöðum þar sem hlutfall fínkornóttsets (< 63 µm) var meira.

Hvað botndýrafánu varðar þá mátti greina nokkra röskun á stöð 1 en þar var fjöldi tegunda minnstur (10 tegundir) og fjölbreytnistuðull Shannon's var 3. Burstaormurinn *Capitella capitata* var ríkjandi þar en hann fannst ekki í grunnrannsóknum árið 2003 á svipuðum slóðum (1. mynd). Þá var burstaorma tegundin *Maldane sarsi* ríkjandi tegund (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) (Viðauki II) líkt og á stöð 3 í þessari athugun. Tegundin *C. capitata* er ein þeirra tegunda sem hefur verið notuð sem vísitægund fyrir svæði undir álagi af uppsöfnun lífrænna leifa t.d. frá fiskeldi. Samkvæmt vistfræðilegum gæðastuðli (AMBI) fær hún hæstu einkunn þegar tegundir eru flokkaðar í vistfræðilega hópa (e. *ecological group*)

út frá mengun ásamt tegundinni *Malacoceros fuliginosus* sem fannst einnig næst kvíum (Pearson og Rosenberg, 1978; Borja, o.fl., 2000; Muxika o.fl., 2005; Rygg o.fl., 2013; Dean, 2008; Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).

Flokkun botndýra í vistfræðilega hópa hefur ekki farið fram við strendur Íslands (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019) en rannsóknir sýna að hlutfall tegundarinnar *C. capitata* er oftast mest í næsta nágrenni við kvíar og minnkar eftir því sem fjær dregur eldissvæðin. Auk þess sem fjölbreytni Shannon's ($H' \log_2$) og tegundafjöldi hryggleysingja eykst eftir því sem fjær dregur kvíar (t.d. Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson, 2020; Þorleifur Eiríksson o.fl., 2017).

6. Heimildir

- Aller R.C. (2004). Conceptual models of early diagenetic processes: The muddy seafloor as an unsteady, batch reactor. *Journal of Marine Research*. 62: 815 – 835.
- Borja, A., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40, 1100 – 1114.
- Björgvin Harri Bjarnason (verkefnisstjóri) (2002). Reyðarlax. *Allt að 6000 tonna laxeldisstöð í Reyðarfirði*. Mat á umhverfisáhrifum. Unnið fyrir Samherja hf. Akureyri: Samherfi hf.
- Brooks, K.M., Stierns, A. R., Mahnkenb, C.V.W. & Blackburnc, D.B. (2003). Chemical and biological remediation of the benthos near Atlantic salmon farms. *Aquaculture* 219, 355 – 377.
- Dean H. (2008). The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical*, 56, 11 – 38.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir (2021). *Rannsókn á botnseti í sjó við fiskeldissvæðið Gripalda í Reyðarfirði. Nærsvæðisvöktun við hámark lífmassa*. Unnið fyrir Laxar fiskeld ehf. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson (2020). *Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOMC)*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Grasshoff, K. "A simultaneous multiple channel system for nutrient analysis in seawater with analog and digital data record." *Technicon Quarterly* 3 (1970): 7-17.
- Hargarve, B. T., Holmer, M. & Newcobe, C.P. (2008). Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. *Marine Pollution Bulletin* 56, 810–824.
- Holmes, Robert M., et al. (1999). "A simple and precise method for measuring ammonium in marine and freshwater ecosystems." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56.10: 1801-1808.
- Iversen, A. & Sandøy, S. (2018). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018.
- International Standard (2014). Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna. ISO 16665:2014(E).
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J, (1997). Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kyst farvann. [*Classification of environmental quality in fjords and coastal waters.*] Veiledning. SFT-veiledning nr. 97:03, TA-1467/1997. 36 bls.
- Murphy, J. A. M. E. S., & John P. Riley (1962). "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters." *Analytica chimica acta* 27:31-36.
- Muxika, I., Borja, A., & Bonne, W. (2005). The suitability of the marine biotic index (AMBI) to new impact sources a long European coasts. *Ecological Indicators* 5, 19-31.
- Oksanen, J., Simpson, G. L., Guillaume, F., Kindt, R., Legendre, P., o.fl., (2022). *Vegan. Community Ecology Package: Ordination, Diversity and Dissimilarities*. Version 2.6-2. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- OSPAR (2001). Annex 5: Draft Common Assessment Criteria and their Application within the Comprehensive Procedure and the Common Procedure. Meeting Of The Eutrophication Task Group (Etg), London (Secretariat): 9-11 October 2001.
- OSPAR (2013). Common Procedure for the Identification of the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. OSPAR Commission. Agreement 2013-8.
- Pearson T.H. & Rosenberg R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review* 16, 229–311.

- R Core Team (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RStudio Team (2016). *RStudio: Integrated Development for R (Version 1.1.383)*. RStudio, Inc., Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Rygg, B., Norling, K. (2013). Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI). NIVA, report SNO 6675-2013.
- Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Agnes Eydal, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson (2019). *Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota*. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016.
- Staðlaráð Íslands (2016). Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom. IST ISO 12878:2012
- Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes. Skoðað þann 25. september 2017 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>
- Walvoort, D. (2019). *Benthos. Marine Benthic Ecosystem Analysis*. Version 1.3-6. <https://cran.r-project.org/web/packages/benthos/benthos.pdf>
- Wildish, D. J., Hargrave, B. T. & Pohle, G. (2001). Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. *Journal of Marine Science* 58, 469–476.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2. Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H. (2021). *Dplyr. A Grammar of Data Manipulation*. Version 1.0.7. https://dplyr.tidyverse.org/reference/group_by.html
- Zettler, M.L., Schiedek, D. & Bobertz, B. (2007). Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 258–270.
- Þorleifur Eiríksson, Leon Moodley, Guðmundur Víðir Helgason, Kristján Lilliendahl, Halldór Pálmar Halldórsson, Shaw Bamber, Gunnar Steinn Jónsson, Jónatan Þórðarson, Þorleifur Ágústsson (2017). *Estimate of organic load from aquaculture – a way to increased sustainability*. Reykjavík: RORUM.
- Þorleifur Eiríksson, Böðvar Þórisson & Björgvin Harri Bjarnason (2003). *Botndýr við fyrirhugaðar fiskeldisstöðvar í Reyðarfirði*. Unnið fyrir Reyðarlax (Samherja). Bolungarvík: Náttúrustofa Vestfjarða.

Viðauki I. Gátlisti – MOM C, B1

Fyrirtæki: Laxar Dags: 12.10.2021
Staðsetning: Griपालdi hámark MOMC

Gátlisti B.1

Gr.	Breyta	Stig	Númer sýnis										Index	
			ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6						
Botngæð: Mjúk (M), Hörð (H)			H	H	M	M	M	M						
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0	0	0						0
			Á											
II	pH	Mælt gildi	7,55	7,73	7,45	7,29	EM	7,33						
	Eh (mV)	Mælt gildi	-3.9	-150	109	-114	-94	-101						
		með viðm.gildi*	214	68	327	104	125	117						
	pH/Eh	skv. mynd D.1**	0	1	0	0	0	0						0,2
Hiti í seti °C		6,8	7,0	7,0	6,7		6,8							
Ástand sýnis:			1	1	1	1		1						
Ástand flokks II:			Hiti buffera(°C):6,5			Eh í sjó: 346.7			Hiti í sjó (°C): 7,0					
			pH í sjó: 7,88											
III	Gasbólur	Já = 4												
		Nei = 0	0	0	0	0	0	0						
	Litur	Ljós/grá = 0			0	0	0	0						
		Brúnt/svart = 2	2	2										
	Lykt	Engin = 0			0	0	0	0						
		Vottur = 2	2	2										
		Sterk = 4												
	Áferð	Þétt=0	0	0	0	0	0	0						
		Mjúk=2												
		Laus = 4												
	Rúmmál greipar	< 1/4 = 0	0	0		0	0	0						
		1/4 - 3/4 = 1												
		> 3/4 = 2			2									
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0							
	2 cm-8 cm = 1													
	> 8 cm = 2													
Samtals =			4	4	2	0	0	0						
Gildi margfaldað með 0,22			0,9	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0					0,4	
Ástand sýnis			1	1	1	1	1	1						
Ástand flokks III			1											
Meðaltal flokka II og III			0,4	0,9	0,2	0		0					0,3	
Ástand sýna			1	1	1	1		1						
pH/Eh	Leiðréttingar summa Index	Meðaltal	Inkun	Flokkur I: tilvist dýra										
		< 1, 1		1	Hlutfall sýna					Einkunn				
		1,1-<2,1		2	< 0,5 % sýna með dýr					Ásættanlegt; Á				
		2,1-<3,1		3	> 0,5 % sýna án dýra					Óásættanlegt; Ó				
		≥3		4	HEILDAR EINKUNN SVÆÐIS									
													1	

*Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes.

Skoðað þann 10.mái 2018 á síð https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf

**Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016).

Viðauki II. Yfirlit yfir þéttleika og tegundir/hópa í grunnrannsóknnum á einni stöð við Gripalda í ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003).

Stöð	As-3
Burstaormar (Polychaeta)	Fjöldi/m ²
Ampharetidae	108
<i>Chaetozone setosa</i>	320
<i>Cossura longocirrata</i>	148
<i>Levinsenia gracilis</i>	160
Lumbrineris	428
<i>Maldane sarsi</i>	2348
<i>Nephtys sp.</i>	12
<i>Prionospio steenstrupi</i>	64
<i>Parougia nigridentata</i>	108
<i>Pholoe sp.</i>	108
<i>Scoloplos armiger</i>	320
<i>Sternaspis scutata/islandica</i>	108
Krabbadýr (Crustacea)	
<i>Eudorella emarginata</i>	320
<i>Diastylis sp.</i>	108
Lindýr (Mollusca)	
Samlokur (Bivalvia) ungvíði	216
<i>Cardium ciliatum</i>	108
<i>Crenella decussata</i>	52
Ánar (Oligochaeta)	1708

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Bakkavegi 5 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Netfang: na@na.is

Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Sími: 471-2813 og 471-2774 • Veffang: www.na.is