

Laxar fiskeldi ehf. Umhverfisvöktun 2020

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



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA-210210	Dags (mánuður, ár): Maí 2021	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtill): Laxar fiskeldi ehf. - Umhverfissvöktun 2020		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). Jafnframt fór fram mat á ástandi botnsets með mælingum og skynmati við Bjarg áður en fiskur var settur út. Hér er fjallað um niðurstöður mælinga og skynmats á botnseti á skilgreindu nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg sem og niðurstöður greininga á hryggleysingjafánu, næringarefnum og súrefni á skilgreindu fjarsvæði við Bjarg. Á árinu 2020 fór einnig fram samantekt á heimildum á fuglum og sjávarspendýrum 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 Bjarg. Sýnum af botnseti innan nærsvæðis fiskeldissvæðisins var safnað á fimmtán stöðum. Sýnum var auk þess safnað á fimm stöðum á sniði í 25 til 500 m fjarlægð frá kvíum á fjarsvæði 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 í nærsvæði voru sigtuð og hryggleysingjar taldir gróflega og greindir í flokka. Við sniðvöktun á fjarsvæði 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>. Heimildum um fugla og sjávarspendýra var aflað frá eldri athugunum. Einnig voru farnar tvær vettvangsferðar út í Stórhólma þar sem Hólminn var kortlagður með flygildi og æðarhreiður talin. Einnig voru lundaholur taldar á sex sniðum og ábúðarhlutfall kannað.</p> <p>Niðurstöður nærsvæðis vöktunar við Bjarg sýndu að ástand botnsets á eldissvæðinu var í heildina <i>gott</i>. Öll sýni fengu einkunnina 2 sem telst <i>gott</i> og ekki merki um að uppsöfnun sé meiri á einum stað en öðrum. Lykt af brennisteinsvetni (vottur) fannst af öllum sýnum og var litur setsins brúnn eða svartur. Burstaormar sáust í öllum sýnum og skeljar fundust í sjö sýnum auk burstaormanna. Þar sem heildarniðurstaða nærsvæðisvöktunar við Bjarg var <i>gott</i> þurfti að virkja fjarsvæðisvöktun.</p> <p>Niðurstöður sniðvöktunar á fjarsvæði við Bjarg sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa er staðbundin og fengu þau sýni sem tekin voru fyrir utan nærsvæðið 1 í einkunn (<i>mjög gott</i>) en sýnin sem tekin voru næst kvíum fengu 2 í einkunn (<i>gott</i>). Mat á ástandi hryggleysingjafánu á sömu stöðvum og mælingar og skynmat var gert sýndu að ástandið var verst næst kvíum en það var <i>gott</i> eða <i>mjög gott</i> á stöðvum fjær kvíum. Tegundasamsetning hryggleysingjafánunnar næst kvíum bar þess merki að um uppsöfnun lífrænna leifa væri að ræða. Tegundafjölbreytni reyndist lægst næst kvíunum en eftir því sem fjær dró eldissvæðið. Niðurstöðurnar sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa virtist vera staðbundin og var hryggleysingjafánan í sýnum sem tekin voru lengra frá kvíum líkari því sem fram kom í bakgrunnsrannsóknum samanborið við sýni næst kvíum. Of snemmt er að draga ályktanir út frá samanburði á gögnum fyrir fugla fyrir og eftir að fiskeldi hófst.</p>		
Lykilorð: Bjarg, hámark lífmassa, vöktun, nærsvæði, snið, botnset, sýni, redox, fuglar, sjávarspendýr	ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
Yfirfarið: Kristín Ágústsdóttir, Hálf dán Helgi Helgason og Bárður Arnaldsson	ISBN nr: 978-9935-9591-1-9 (rafræn útgáfa)	

Efnisyfirlit

Myndaskrá	4
Töfluskrá	4
1. Inngangur	5
2. Aðferðir	6
2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni	6
2.1.1 Staðlar og skilgreiningar	6
2.1.2 Sýnatökuaðferðir.....	7
2.1.3 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati	9
2.1.4 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni.....	11
2.1.4 Töluleg úrvinnsla	12
2.2 Vöktun strandsjávar	12
2.2.1 Næringarefni.....	12
2.2.2 Súrefni.....	13
2.2.3 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna og súrefni í strandsjó	13
2.3 Vöktun fugla og spendýra	13
2.3.1 Skilgreiningar, válistar og mikilvæg búsvæði fugla og sjávarspendýra	13
2.3.2 Heimildaöflun um fugla og sjávarspendýr	14
2.3.2 Vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma.....	15
3. Niðurstöður og umræður	16
3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni	16
3.2 Vöktun strandsjávar	21
3.3 Vöktun fugla og sjávarspendýra	22
4. Lokaorð	25
5. Heimildir.....	27
Viðauki I. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu Bjarg í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM B).....	30
Viðauki II. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæði við Bjarg í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C).	31

Myndaskrá

1. mynd. Fiskeldissvæði Laxa fiskeldis ehf. í Reyðarfirði. Svæði umkringd gulu eru í matsferli (Þorleifur Eiríksson o.fl. 2018).	6
2. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Bjarg í Reyðarfirði. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands, 2019 og Landhelgisgæslunni, óbirt).....	7
3. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun á fimm stöðum (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í Reyðarfirði í október 2020 (botnsýni) og febrúar 2021 (sjósýni) og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Einnig eru sýndar staðsetningar súrefnismælinga sem Hafrannsóknastofnun gerði á tveimur stöðum í nóvember (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).	10
6. mynd. Þríviddarlíkan af Stórhólma í Reyðarfirði, horft er á eyjuna úr suðri. Blágrænir flákar marka gróflaga útmörk lundavarpins og bleikir flákar sýna staðsetningar og stærðir talningasniða (mynd HHH).....	16
7. mynd. Útlit botnets við Bjarg í bakgrunns athugunum í júní 2019 (t.v.) og við hámark lífmassa í september 2020 (t.h.) (Ljósm. EEJ).....	18
8. mynd. Redox gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.510 tonn) Efri og neðri línur kassana tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk, sem þýðir að 75% mælinga eru innan þeirra. Strik út frá boxum sýna 5% og 95% öryggismörk. Svört lína í kassa tákna miðgildi og gulir hringir eru meðaltöl.....	19
9. mynd. pH gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.510 tonn). Sjá skýringar við 4. mynd.....	19

Töfluskrá

Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).	9
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)	10
Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016).....	11
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).....	11
Tafla 5. Mat á ástandi botnets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018).....	11
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).....	13
Tafla 7. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í fimmtán sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka I og II, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis.	17
Tafla 8. Hnit, dýpi og lýsing á fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020.	18
Tafla 9. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í sniðvöktun (MOM C) við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástand botnets út frá mældum gildum og skynmati: grænt=gott; blátt=mjög gott.	20
Tafla 10. Niðurstöður á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar, fjölda tegunda og fjölbreytnistuðli Shannon-Wiener ($H' \log_2$) við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni: blátt=mjög gott, grænt=gott og gult=slæmt.	20
Tafla 11. Niðurstöður mældra gilda í seti í sniðvöktun við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástands sets út frá heildar magni lífræns kolefnis í seti leiðrétt fyrir kornastærð, grænt=gott.....	21
Tafla 12. Styrkur næringarefna (NO_3 , NO_2 , PO_4 og NH_4) og kísils ($\mu\text{mol L}^{-1}$) við Bjarg þann 11. febrúar 2021. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.....	21
Tafla 13. sýnir mun á meðaltali (\bar{x}) heildarfjölda einstaklinga ólíkra fuglategunda á tveimur tímabilum, 2012–2016 áður en að starfsemi Laxa hófst í Reyðarfirði og 2017–2020 eftir að starfsemi hófst, á öllum svæðum í Reyðarfirði og Fáskrúðsfirði, ásamt skekkjumörkum (SD) og hlutfallslegri breytingu (%) meðaltals á milli tímabila.....	23

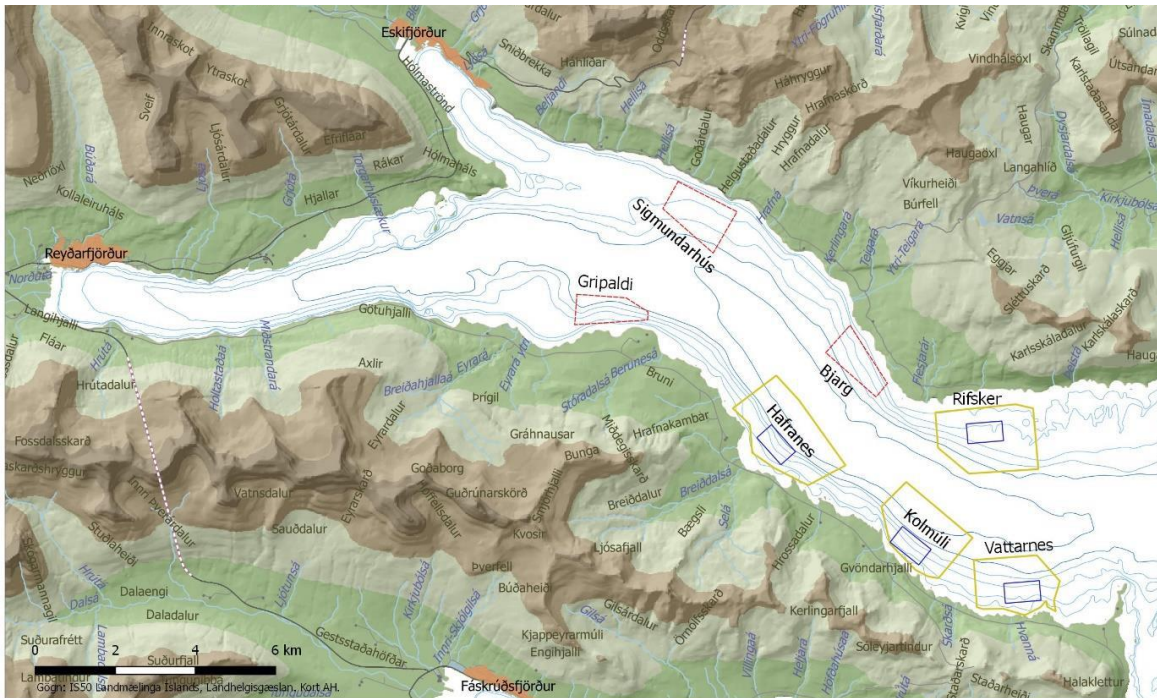
1. Inngangur

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 næringarefni og súrefni 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 þremur eldissvæðum innan Reyðarfjarðar; Gripalda, Sigmundarhúsi og Bjargi. Að auki hefur fyrirtækið sótt um leyfi til laxeldis á fjórum öðrum stöðum innan fjarðarins; Hafranesi, Kolmúla, Vattarnesi og Rifskeri (1. mynd) og eru þau leyfi í ferli. Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi fiskeldisins veldur (Umhverfisstofnun, 2012; Umhverfisstofnun á.á.).

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). Ástand botnsets var metið með mælingum og skynmati við Bjarg áður en fiskur var settur út samkvæmt stöðluðum aðferðum sem unnið er eftir (Náttúrustofa Austurlands, 2019a). Skýrsluna í heild sinni má finna í viðauka I.

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 Skipulagsstofnunnar vegna starfsleyfis fyrirtækisins að vakta skildi fugla og sjávarspendýr (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2018b).



1. mynd. Fiskeldissvæði Laxa fiskeldis ehf. í Reyðarfirði. Svæði umkringd gulu eru í matsferli (þorleifur Eiríksson o.fl. 2018).

Í þessari vöktunarskýrslu eru teknar saman niðurstöður á ástandi botnets, næringar-efnum og súrefni í strandsjó við hámark lífmassa (6.600 tonn) á fiskeldissvæðinu við Bjarg en skýrslurnar í heild sinni má finna í viðaukum I og II. Einnig eru teknar saman heimildir sem aflað hefur verið um fugla og sjávarspendýr í Reyðarfirði sem og vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma í Hólmanesi.

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

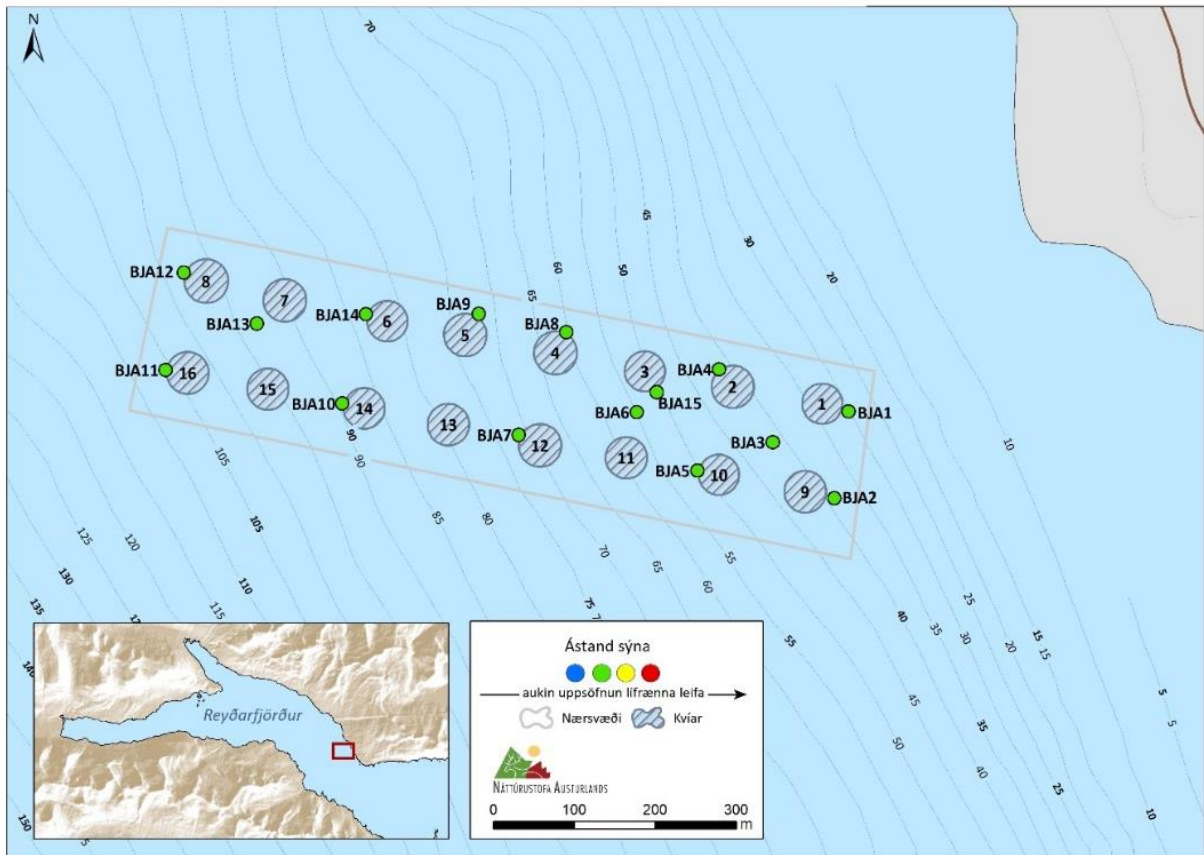
kynslóðar, því magni sem alið er innan hvers fiskeldissvæðis hverju sinni og ástandi svæða samkvæmt niðurstöðum umhverfsvöktunar.

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 (250 cm²). Sýni voru tekin á fimmtán stöðum við Bjarg (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 mælur sýndu stöðug gildi var lesið af þeim. Sýnið var losað úr greippinni 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.



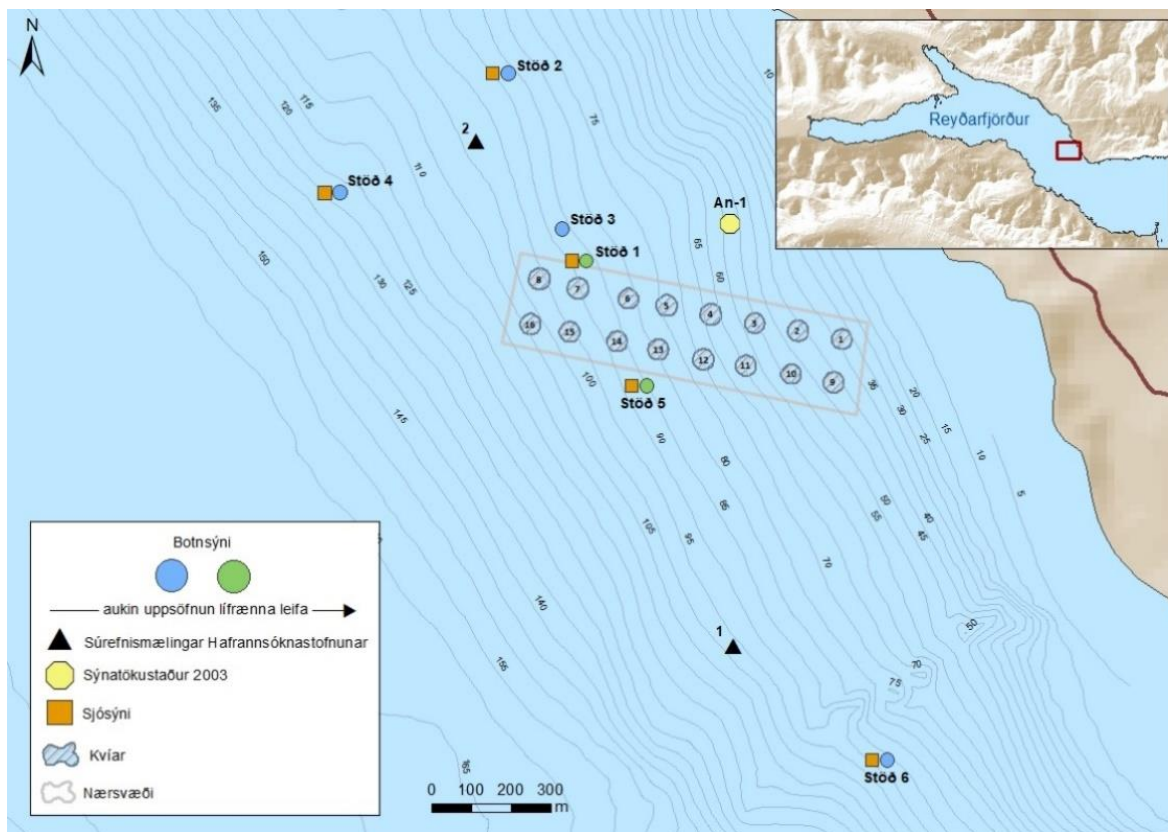
2. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Bjarg í Reyðarfirði. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands, 2019 og Landhelgisgæslunni, óbirt).

Sniðvöktun (MOM C)

Botnsýni í sniðvöktun (MOM C) við Bjarg voru tekin á fimm stöðum út frá nærsvæði í 25 m, 55 m, 100 m og 500 m fjarlægð frá kvíum og einni viðmiðunarstöð á móti straumstefnu í 1.000 m fjarlægð frá kvíum (3. mynd). Sýni voru tekin með Van Veen botngreip (250 cm²) 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 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, 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 á fimm stöðum (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í Reyðarfirði í október 2020 (botnsýni) og febrúar 2021 (sjósýni) og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Einnig eru sýndar staðsetningar súrefnismælinga sem Hafrannsóknastofnun gerði á tveimur stöðum í nóvember (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).

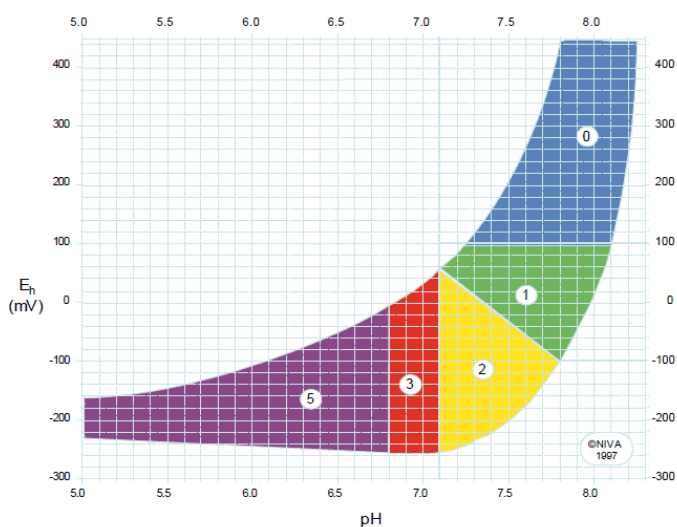
Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016).

	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 ($E_{h_{SHE}}$) 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 (**Error! Reference source not found.** 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/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 (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019). Ef Shannon Wiener (H', log2) 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' log2) (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 plastdolum 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 Mjög gott	2 Gott	3 Meðal	4 Slæmt	5 Mjög slæmt
TOC ₆₃	Heildarmagn lífræns kolefnis miðað kornastærð (% silt og leir, <63 μm)	0-20	20-27	27-34	34-41	41-200

2.1.4 Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert sýni (greip 250 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 reiknað 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 (Magurran, 2004) og einsleitnistuðli Pielou's J'. Þráðormum (Nematoda) var sleppt við útreikninga á fjölbreytni og jafnræði (Staðlaráð Íslands, 2016).

Shannon-Wiener fjölbreytnistuðull H':

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

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 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':

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

Tölfræðigreiningar voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.6.1 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016).

2.2 Vöktun strandsjávar

2.2.1 Næringarefni

Sýnum til mælinga á næringarefnum í strandsjó var safnað á fimm stöðum þann 11. febrúar 2021 (3. mynd). Eitt sýni á hverri stöð var tekið við yfirborðið (0 m) í fötu og sett í sýrubvegnaflöskur (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 nitrats (NO₃), nitríts (NO₂), fosfats (PO₄), kísils (Si) og ammoníum (NH₄). Aðferðir við mælingar á fosfat voru samkvæmt aðferðum Murphy og Riley (1962). Fyrir nitrát, nitrít 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 nitrít (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 eitt sýni á hverri staðsetningu látið duga.

2.2.2 Súrefni

Hafrannsóknastofnun mældi súrefni (mL/L) á tveimur stöðum við Bjarg þann 9. nóvember 2020 (3. mynd) á Bjarna Sæmundssyni. Mælt var gegnum vatnssúluna með Seabird sondu (CTD) með Seabird súrefnisnema. Að auki var tekið súrefnissýni á neðsta dýpi sondunnar, u.þ.b. 10 m frá botni á báðum stöðum (Magnús Danielsen, tölvupóstur þann 9. desember 2020).

2.2.3 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna og súrefni í strandsjó

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 Bjarg er í ysta hluta Reyðarfjarðar (vatnshlotanúmer 102-1381-C) og fellur undir opið svæði á vistsvæði 1 þar sem vetrarhiti sjávar er að öllu jöfnu 1-4°. 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 ($\mu\text{mól L}^{-1}$) í strandsjó á vistsvæði 1. Tafla unnin upp úr Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).

Efni	Vetrarstyrkur á vistsv. 1	50% af vetrarstyrk á 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 eða súrefni (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019).

2.3 Vöktun fugla og spendýra

Núverandi vöktunar- og rannsóknaráætlun varðandi vöktun fugla og spendýra fánú í Reyðarfirði miðar að því að taka saman efni sem nú þegar er til í gagnagrunnum frá talningum, skýrslum, greinum og öðrum upplýsingum. 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 nýjum 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 2021). 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 talningasvæði 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. Farið var í nokkuð ítarlega umfjöllun á fuglum og tegundir listaðar upp því í mörgum tilvikum voru gögn ekki aðgengileg á skýrsluformi.

Nokkuð viðamiklar heimildir eru til um fuglalíf í Eskifirði og Reyðarfirði, bæði útgefnar á skýrsluformi eða í greinum, auk tilfallandi athuganna oft á dagbókarformi. Sú samantekt sem gerð var fyrir þessa skýrslu er ekki tæmandi, sér í lagi þegar kemur að flækingsfuglum og er þeim að mestu sleppt þó að undantekningar séu þar á ef um tegundir sem nýta sér sjó- eða strandsvæði sér til viðurværis er að ræða. Stuðst var við vetrarfuglatalningar Náttúrufræðistofnunar Íslands (2021) en þær hófust á mismunandi svæðum í Reyðarfirði og Eskifirði á árunum 1986–2002 og hafa talningar staðið yfir óslitið til 2020 (**Error! Reference source not found.** mynd). Alltaf er talið á sama tíma þ.e. seinni hluta desember mánaðar eða byrjun janúar. Gögnum var hlaðið niður af vefsíðu NÍ fyrir árin 2002–2020. Einnig voru teknar saman talningar sem gerðar voru af Náttúrugripasafninu í Neskaupstað á árunum 1982-1983. (Einar Þórarinnsson o.fl., 1984) og athuganir sem Náttúrustofa Austurlands hefur gert í tengslum við umhverfismat framkvæmda s.s. vegna byggingu álvers, laxeldis og annarra framkvæmda í Eskifirði og Reyðarfirði (Halldór W. Stefánsson og Skarphéðinn Þórisson, 1999; 2002; Erlín Emma Jóhannsdóttir o.fl., 2017). Einnig var stuðst við munnlegar heimildir frá Óðni Loga Þórisssyni um varp toppskarfa í Skrúð, Páli Leifssyni, Skarphéðni Þórisssyni, Halldóri Walter Stefánssyni og Hálfadáni Helga Helgasyni um tilfallandi athuganir í Reyðarfirði. Einnig voru skráningar á árlegum fugladegi Náttúrustofu Austurlands og Ferðafélags Fjarðamanna á leirum í Reyðarfirði notaðar auk tilfallandi skráninga frá Halldóri Walter Stefánssyni og Páli Leifssyni. Þá var einnig stuðst við útgefnar greinar úr ritum Blika og Fjölrítum Náttúrufræðistofnunar Íslands um fugla og mikilvæg fuglasvæði (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl., 1989; Arnþór Garðarsson 2019, Arnþór Garðarsson o.fl., 2019; Kristinn Haukur Skarphéðinsson o.fl. 2016; Arnþór

Garðarsson og Erpur Snær Hansen í undirbúningi; Arnþór Garðarsson o.fl., 2013). Einnig var stuðst við rit Ní um forgangstegundir fugla (2020). Þá var leitast eftir heimildum um friðlýst æðarvörp á starfssvæðinu (Sýslumenn, 2021).

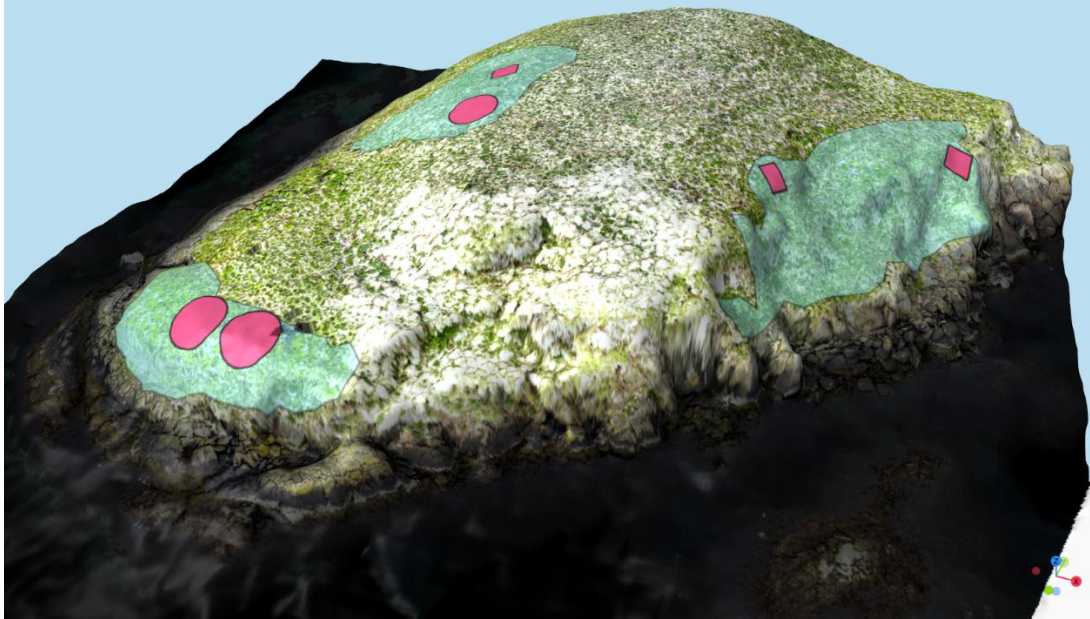
Vinna við greiningar gagna úr vetrarfuglatalningum er enn í gangi en ekki liggur fyrir annað en bráðabirgða samanburður meðaltala tveggja tímabila, fyrir og eftir að starfsemi Laxa hófst í Reyðarfirði og svæða, Reyðarfjarðar og Fáskrúðsfjarðar. Tekin voru meðaltöl af heildarfjölda einstaklinga tegunda allra talningasvæða innan beggja fjarða fyrir árin 2012-2016 annars vegar og 2017-2020 hins vegar.

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 Hólumum, Elías Jónsson.

2.3.2 Vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma

Farnar voru tvær ferðir í Stórhólma. Í fyrri ferðinni 28. maí 2020 fóru Hálfán H. Helgason, Anna Karen Marinósdóttir og Elías Jónsson umsjónarmaður æðarvarpsins. Lygnt var og nokkuð hlýtt í veðri (10-15 °C) og hálfskýjað (háský). Þá var hólminn kortlagður með flygildi, (DJI Mavic air) í því skini að meta flatarmál lundavarps í hólmanum (6. mynd). Flogið var í 35 m hæð frá flugtaksstað í eygni en fluglínur voru skipulagðar með forritinu Dronedeploy (dronedeploy.com) og þær myndir sem teknar voru í fluginu unnar í loftmyndapekju (e. ortho mosaic image) í 1.2 cm/px upplausn og þrívíddarlíkan í sömu upplausn með forritinu Open Drone Map (Open Drone Map 2017). Reynt var að nota þau líkön til að meta flatarmál lundavarps í eygni í forritinu QGIS (QGIS Development Team 2020). Eins var gerð tilraun til þess að telja öll sýnileg og líkleg æðarhreiður á myndinni til að kanna fýsileika þess að nota loftmyndir til að vakta fjölda æðarhreiðra í Hólmanum. Þar sem samsett loftmyndapekjan tapað nokkurri upplausn miðað við stakar loftmyndir voru allir hlutir sem athugandi taldi vera æðarhreiður eða kollur á hreiðrum talið en notast var við forritið DotDotGoose (Ersts 2020).

Í sömu ferð voru lundaholur taldar á sex sniðum, þremur hringsniðum hvar talið var í þriggja metra radíus út frá miðju og þremur ferhyrndum sniðum, fyrsta sniðið var 2x3 m að flatarmáli en seinni tvö 3x3 m. Á öllum sniðum var reynt að ákvarða ábúð 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 ferhyrndu sniðunum var auk þess gerð tilraun til að staðfesta ábúð með því að rýna inn í holuna með "lagna-myndavél" af gerðinni "Ridgid seasnake micro" en sú vél hefur um meters langan stífan barka (auk 1 meters áfestanlegrar framlengingar). Myndavélahöfuð, með tveimur áföstum ljósdíóðum tengist gegnum barkann við handfang með áföstum skjá. Reynt var að ganga útlínur bala hvar lundaholur fundust en mjög erfitt var að athafna sig í eyjunni vegna mikils þéttleika æðarfugls sem forðast þurfti að trufla.



5. mynd. Þrívíddarlíkan af Stórhólma í Reyðarfirði, horft er á eyjuna úr suðri. Blágrænir flákar marka gróflega útmörk lundavarpsins og bleikir flákar sýna staðsetningar og stærðir talningasniða (mynd HHH).

Ljóst var eftir fyrri ferðina að óvíst væri hversu nákvæm sú aðferð er að nota vegsummerki um umferð til að meta ábúð í holum og lagnamyndavélin sem notuð hafði verið var óhentug til verksins. Því var gripið til þess ráðs að hafa samband við Náttúrustofu Suðurlands sem hefur yfir mun betri búnaði yfir að ráða og óska eftir aðstoð þeirra við að kanna ábúðarhlutfall í þremur sniðum, var þeirri beiðni tekið vel. Því var aftur farið í Stórhólma 12. júní 2020, í nokkuð stífri austan átt (8-12 m/sek) en hlýtt var og léttskýjað (háský). Í þeirri ferð voru Hálfán Helgason, Jökla Dröfn Hálfánardóttir, Páll Leifsson, Erpur Snær Hansen ásamt þremur sjálfboðaliðum sem því miður láðist að taka niður nöfn á. Auk þess voru í eygni Elías Jónsson umsjónamaður æðarvarpsins, Sigurbjörn Jónsson og Margrét Þorvaldsdóttir við dúntekju og aðstoðuðu þau við fólksflutninga. 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.

3. Niðurstöður og umræður

3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

Nærsvæðisvöktun (MOM B)

Niðurstöður mældra gilda og skynmats sýndu að öll sýni fengu einkunnina 2 sem telst *gott* ástand (2. mynd og Tafla 7). Heildareinkunn svæðisins var 2 sem telst *gott* en er þó einkunn sem veldur því að virkja þarf sniðvöktun (Standard Norge, 2016). Fiskur var í öllum kvíum á svæðinu og voru sýni tekin við kvíar og á milli kvía (2. mynd). Dýpi sýnatökustöðva var á bilinu 27 til 110 m, grynnt við kví 1 nær landi og dýpst við kví 16 fjær landi (Tafla 8).

Dýr sáust í öllum sýnum og var ástandsmat út frá tilvist dýra ásættanlegt (< 0,5) (Tafla 7). Burstaormar voru í öllum sýnum og í töluverðum þéttleika eða frá 46 til 308 einstaklingar í sýni. Ekki var mikil fækkun á fjölda burstaorma milli bakgrunns athugunarinnar og hámark lífmassa. Í bakgrunns athugun var fjöldi burstaorma aldrei minni en 50 í sýni, líkt og við hámark lífmassa (viðauki I). Skeljar fundust í 7 af 15 sýnum (46%) við hámark lífmassa en öllum sýnum nema einu (90%) í bakgrunnsathugunum. Krabbadýr fundust í einu sýni við hámark (6%), bæði stórkabbar (Malocostraca) og smærri krabbar en krabbadýr fundust í flestum sýnum (70%) í bakgrunns athugunum. Einnig fundust skrápdýr og maðkamóðir í bakgrunnsathugunum en voru ekki í athuguninni við hámark lífmassa (Tafla 8 og viðauki I).

Tafla 7. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í fimmtán sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka I og II, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis.

Stöðvar	Flokkur I	Flokkur II			Flokkur III		Meðaltal flokka I og II	Ástand sýna
	Tilvist dýra*	Mæld gildi			Skynmat			
	Dýr	pH	Redox (E _h)mV	Eh/pH**	Skynmat ***	Skynmat X0,22		
BJA1	0	7,43	-12	1	7	1,5	1,3	2
BJA2	0	7,37	-48	2	7	1,5	1,8	2
BJA3	0	7,55	-12	1	7	1,5	1,3	2
BJA4	0	7,58	-25	1	7	1,5	1,3	2
BJA5	0	7,51	-2	1	6	1,3	1,2	2
BJA6	0	7,53	-2	1	7	1,5	1,3	2
BJA7	0	7,56	-42	1	6	1,3	1,2	2
BJA8	0	7,37	-36	2	7	1,5	1,8	2
BJA9	0	7,39	-69	2	7	1,5	1,8	2
BJA10	0	7,41	32	1	8	1,8	1,4	2
BJA11	0	7,44	18	1	7	1,5	1,3	2
BJA12	0	7,37	-21	1	7	1,5	1,3	2
BJA13	0	7,44	-7	1	7	1,5	1,3	2
BJA14	0	7,42	-10	1	7	1,5	1,3	2
BJA15	0	7,18	-2	2	7	1,5	1,8	2
Meðaltal	0	7,38	-16	1,3	7	1,5	1,4	2
Heildareinkunn svæðis								2

*Tilvist dýra 0=já, 1=Nei

** Ástand sýna út frá 2. mynd

***Summa gilda sem fást með skynmati (tilvist gasbóla, litar, lyktar, áferðar, rúmmál greipar og þykkt grots)

Fóðurleifar sáust í sýnum BJA1–BJA5, BJA9, BJA10, BJA12 og BJA15. Engar gasbólur sáust í sýnunum né hvít skán sem myndast af bakteríum (Beggiatoa) sem lifa við súrefnisfirrtar aðstæður. Uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist <2 í öllum sýnum. Lykt (vottur) af brennisteinsvetni (H₂S) fannst af öllum sýnum (Tafla 8 og viðauki I).

Tafla 8. Hnit, dýpi og lýsing á fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020.

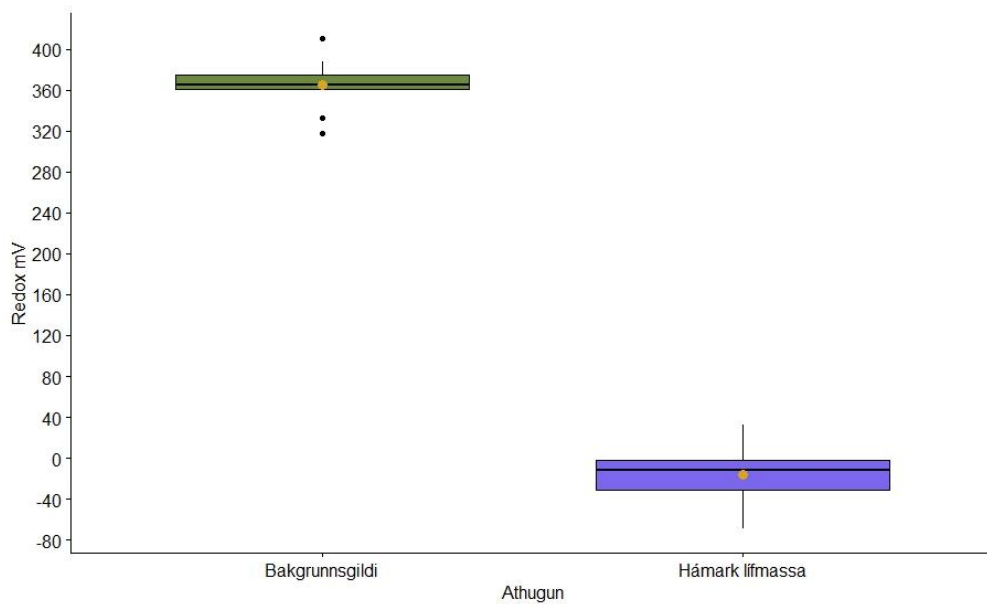
Sýni	kví nr.	Hnit		Dýpi	Lykt H ₂ S	Setgerð	Litur og áferð	Sjánleg dýr
		Lat	Long					
BJA1	1	6.499.675	-13.806.933	27	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA2	9	64.995.805	-13.807.487	38	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA3	milli	64.996.478	-13.808.978	38	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA4	2	64.997.331	-13.810.216	41	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA5	10	64.996.235	-13.811.003	49	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA6	milli	64.996.934	-13.812.455	55	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA7	12	64.996.791	-13.815.584	73	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA8	4	64.997.881	-13.814.127	62	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA9	5	64.998.164	-13.816.364	55	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA10	14	64.997.298	-13.820.122	91	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA11	16	64.997.826	-13.824.663	110	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar, skeljar og krabbadýr
BJA12	8	64.998.887	-1.382.398	99	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA13	milli	64.998.258	-13.822.184	93	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA14	6	64.998.259	-13.819.315	EM	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA15	3	64.997.139	-13.811.895	55	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar

Samanburður á myndum frá bakgrunns athugunum sýna að breyting hefur orðið á áferð og lit botnsetsins eftir að eldi hófst á svæðinu. Í bakgrunns athugunum var sýnilegt ljósbrúnt lag ofan á þéttari leir en við hámark lífmassa var brúna lagið ekki sjáanlegt og botnsetið allt dökkbrúnt eða svart (6. mynd) og var áferð setsins mjúk í stað þétt.

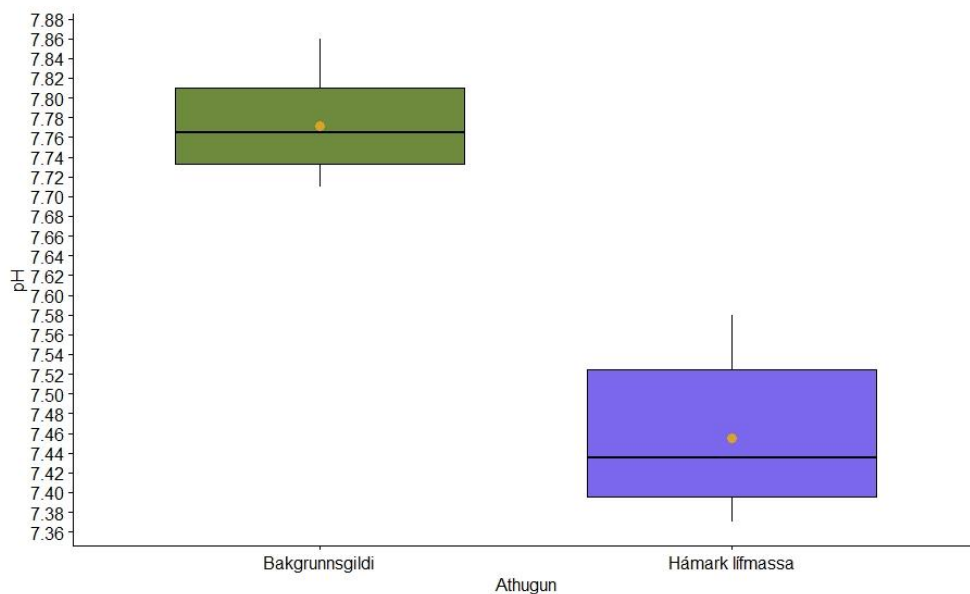


6. mynd. Útlit botnsets við Bjarg í bakgrunns athugunum í júní 2019 (t.v.) og við hámark lífmassa í september 2020 (t.h.) (Ljós. EEJ).

Meðaltal redox gilda við hámark lífmassa var -16 (spönn 32 til -69). Samkvæmt þöruðu t-prófi voru redox gildi marktækt lægri við hámark lífmassa samanborið við gildin í bakgrunns athugunum (t-próf; $p < 0,001$) en þá var meðaltal redox gilda á fiskeldissvæðinu 365 mV (spönn 318–411 mV) (7. mynd). Meðaltal pH gilda í botnseti var 7,38 (spönn 7,18–7,44) við hámark lífmassa og voru gildin marktækt lægri þá (Mann-Whitney; $p < 0,001$) samanborið við í bakgrunns athuguninni en þá var meðaltal pH gilda 7,78 (spönn 7,71–7,86) (8. mynd).



7. mynd. Redox gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.510 tonn) Efri og neðri línur kassana tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk, sem þýðir að 75% mælinga eru innan þeirra. Strik út frá boxum sýna 5% og 95% öryggismörk. Svört lína í kassa tákna miðgildi og gulir hringir eru meðaltöl.



8. mynd. pH gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.510 tonn). Sjá skýringar við 4. mynd.

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

Sniðvöktun (MOM C)

Niðurstöður mældra gilda og skynmats í sniðvöktun við Bjarg sýndu að sýnin næst kvíum fengu 2 í einkunn sem telst *gott*. Önnur sýni fengu einkunnina 1 sem telst *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins 1 eða *mjög gott* (Tafla 9).

Tafla 9. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í sniðvöktun (MOM C) við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástand botnsets út frá mældum gildum og skynmati: grænt=gott; blátt=mjög gott.

Útreikningar á mældum gildum og skynmati*						
Stöðvar	pH	Redox mV (Eh 1	Dýr	Mæld gildi	Skynmat	Mæld gildi og skynmat
1	7,85	52	0	1	1,3	1,1
5	7,85	38	0	1	1,5	1,3
3	7,83	120	0	0	0,2	0,1
4	7,81	113	0	0	0,4	0,2
2	7,93	130	0	0	0,2	0,1
6	7,86	118	0	0	0,2	0,1
Meðaltal	7,86	95	0	0,3	0,6	0,5
Heildareinkunn svæðis						1

* Sjá nánari upplýsingar um útreikninga í viðauka I

Lykt af brennisteinsvetni (H₂S, vottur) fannst af sýni 1 og 5 en engin lykt fannst af sýnum öðrum sýnum.

Mat á ástandi svæðisins út frá hryggleysingjafánu (fjöldi tegunda, hlutfalli algengustu tegundarinnar og Shannon-Wiener fjölbreytni) sýndi að ástand hryggleysingjafánu var gott næst kvíum hvað hlutfall tegunda varðar en hvað fjöldi tegunda varðar var ástandið mjög gott á stöð 1 en gott á stöð 5. Ef horft er til fjölbreytileika Shannon's (H'log₂) var ástandið gott á stöðvum 1 og 3, slæmt á stöð 5 en mjög gott á öðrum stöðvum (Tafla 10). Ekki eru til viðmið hvað jafnræðisstuðul varðar. Út frá jafnræðisstuðli Pielous (J') sést að hryggleysingjafánan hefur minnst jafnræði næst kvíum enda var hlutfall algengustu tegundarinnar (*Capitella capitata*) hæst þar 71% og 77%. Jafnræði var mest á stöð 2 í 500 m fjarlægð frá kvíum í straumstefnu og svipuð á viðmiðunarstöð (Tafla 10). Burstaormategundin *Capitella capitata* er mikið 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).

Tafla 10. Niðurstöður á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar, fjöldi tegunda og fjölbreytnistuðli Shannon-Wiener (H'log₂) við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni: blátt=mjög gott, grænt=gott og gult=slæmt.

Stöð	Algengasta tegund	Hlutfall (%)	Fjöldi tegunda*	Shannon (H'log ₂)	Pielous (J')
1	<i>Capitella capitata</i>	71	20	3	0,8
5	<i>Capitella capitata</i>	77	18	2	0,8
3	<i>Capitella capitata</i>	60	31	3	1,0
4	<i>Prionospio fallax</i>	49	18	4	1,3
2	<i>Prionospio fallax</i>	25	30	5	1,6
6	<i>Prionospio fallax</i>	24	34	5	1,5

*Að undanskildum þráðormum

Heildarmagn lífræns kolefnis var frá 21 til 25 mg/g leiðrétt fyrir kornastærð og var ástandið *gott* á öllum stöðvum (Tafla 11).

Tafla 11. Niðurstöður mældra gilda í seti í sniðvöktun við Bjarg í október 2020. Litir vísa til ástands sets út frá heildar magni lífræns kolefnis í seti leiðrétt fyrir kornastærð, grænt=gott.

Stöð	Fjarl. frá kví	pH	Redox	TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	TN mg/g
1	25	7,85	52	17,1	65,8	23	6,52	1,95
5	25	7,85	38	17,5	70,5	23	6,67	2,11
3	55	7,83	120	15,9	62,4	23	6,48	1,84
4	200	7,81	113	17,0	61,1	24	7,28	2,07
2	500	7,93	130	15,4	68,6	21	6,72	1,83
6	1000	7,89	118	20,7	76,3	25	8,57	2,36

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

Breyting hefur orðið í tegundasamsetningu hryggleysingjafánu næst kvíum á meðan 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 Bjarg má finna í viðauka III.

3.2 Vöktun strandsjávar

Niðurstöður á styrk næringarefna í sjósýnunum við Bjarg voru svipaðar og viðmiðunargildi frá ómengduðum svæðum á vistsvæði 1 (sjá umfjöllun í kafla 2.2.2). Lítil breytileiki var á styrk nitrats, nítríts, fosfórs og kísils milli stöðva við Bjarg en greina mátti mun á styrk ammoníaks (NH₄) m.v. fjarlægð frá kvíum. Styrkurinn var um þrefalt hærri á stöðvum 1 og 5 sem eru næst kvíum samanborið við viðmiðunarstöð (Tafla 12).

Tafla 12. Styrkur næringarefna (NO₃, NO₂, PO₄ og NH₄) og kísils (µmol L⁻¹) við Bjarg þann 11. febrúar 2021. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum

Stöð	NO ₃	PO ₄	Si	NO ₂	NH ₄	Hiti °C
1	13,14	0,956	8,22	0,16	1,32	2,20
5	12,97	0,947	8,16	0,15	1,44	2,40
4	12,97	0,928	8,14	0,18	0,80	2,20
2	13,13	0,938	8,14	0,18	1,06	2,20
6	12,95	0,920	8,30	0,15	0,49	2,30

Mælingar Hafrannsóknastofnunar á súrefni (mL/L) í Reyðarfirði sýndu að það var svipað nálægt fiskeldissvæðinu við Bjarg og fjær eldinu og ekki hægt að sjá breytingar m.v. fjarlægð frá eldi (Magnús Danielsen, náttúrufræðingur hjá Hafrannsóknastofnun, tövlupóstur þann 9. desember 2020).

3.3. Vöktun fugla og sjávarspendýra

Heimildaöflun um fuglalíf

Alls fundust heimildir um 87 tegundir fugla sem sést hafa við athuganir í Reyðarfirði, þar af 38 sem annað hvort hafa verið staðfestar í varpi eða þykja líklegar til að hafa verpt eða kunni að verpa í Reyðarfirði (N=6). Þess til viðbótar voru 9 tegundir sem verpa eða hafa verpt í næsta nágrenni Reyðarfjarðar, Álft á Vöðlavíkurheiði, helsingi og óðinshani í Seley og stormsvala, toppskarfur, langvía, álka, stuttnefja og súla í Skrúð. Átta af tegundunum 83 teljast sem flækingar en eins og fyrr segir er sá listi ekki tæmandi og inniheldur einungis tegundir sem finna má á eða við sjó. Sumir flækingar eins og æðarkóngur sjást nokkuð reglulega á svæðinu meðan að aðrir eru mun sjaldgæfari. Í heildina hafa fundist 70 tegundir fugla sem dvelja á sjó til lengri eða skemmri tíma eða nýta fjörur í Eskifirði og Reyðarfirði sér til viðurværis.

Í Reyðarfirði eru tvö friðlýst æðarvörp við Vattarnes og Hafranes (Sýslumenn, 2021) en einnig er nytjað og varið æðarvarp í Hólmum. Þess utan eru þekkt nokkur smærri æðarvörp bæði nytjuð og varin og ekki nytjuð og því óvarin. Alþjóðlega mikilvægar sjófuglabyggðir samkvæmt viðmiðum BirdLife International og skilgreiningum Náttúrufræðistofnunnar Íslands eru í nágrenni fiskeldissvæða í Reyðarfirði. Gerpír utan Vöðlavíkur, Seley, Hólmar í Reyðarfirði, Skrúður og Andey í minni Fáskrúðsfjarðar (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl. 2016). Slíkar skilgreiningar byggja fyrst og fremst á stofnmati, þ.e. hversu margir fuglar nýta svæðin hér á landi og hversu hátt það hlutfall er af heildarstofni. Fyrir sumar byggðir eru hvort tveggja byggt á ítarlegum fyrirbyggjandi gögnum en fyrir aðrar byggir matið á takmörkuðum og oft áratugagömlum gögnum. Andey, Seley og Hólmar eru skilgreind sem mikilvæg svæði vegna fjölda lunda sem þar verpir, 15.000 pör í Andey en um 11.000 pör í hvoru varpi í Seley og á Hólmum (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl. 2016, Arnþór Garðarsson og Erpur Snær Hansen í undirbúningi). Taka verður fram að það mat sem vitnað er í á stærð lundavarpisins í Hólmum er líklega ofmat samkvæmt óunnum talningagögnum Náttúrustofu Austurlands og viðtölum við staðkunnuga (Náttúrustofa Austurlands óbirt gögn, Hálfván Helgason, Páll Leifsson og Elías Jónsson). Gerpír telst alþjóðlega mikilvægt fuglasvæði á þeim forsendum að þar er mikið fýlsvarp eða yfir 22.000 pör (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl. 2016, Arnþór Garðarsson o.fl. 2019). Skrúður er stærst sjófuglabyggða á svæðinu en hann telst mikilvægt fuglasvæði á grundvelli stærðar varpstofna fjögurra tegunda, Súlu (>6.000 pör), ritu (>6.000 pör), Langvíu (>11.000 pör) og lunda (>149.000 pör) (Kristinn H. Skarphéðinsson o.fl. 2016, Arnþór Garðarsson o.fl. 2013, Arnþór Garðarsson 2019, Arnþór Garðarsson o.fl. 2019, Arnþór Garðarsson og Erpur Snær Hansen í undirbúningi).

Við samanburð á heimildum sem til eru um fugla fyrir og eftir að starfsemi Laxa hófst var ákveðið að líta einnig til Fáskrúðsfjarðar, enda stutt á milli þessara fjarða fyrir fugla og Skrúður, 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 13). 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. Aftur á móti má sjá að nokkuð algengum tegundum t.d. hröfnum og dúfum fjölgar töluvert, hröfnum um 153% á Reyðarfirði þó að þeim virðist fækka á Fáskrúðsfirði og dúfum fjölgar um 96% á Reyðarfirði og 181% á Fáskrúðsfirði. Eins virðast stórum

fiskiaetum á borð við dílaskarfa og súlum fjölga í Reyðarfirði en taka verður fram að þetta eru bráðabirgða niðurstöður sem á eftir að greina frekar (Tafla 13).

Tafla 13. sýnir mun á meðaltali (\bar{x}) heildarfjölda einstaklinga ólíkra fuglategunda á tveimur tímabilum, 2012-2016 áður en að starfsemi Laxa hófst í Reyðarfirði og 2017-2020 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 \bar{X}	SD	2017-2020 \bar{X}	SD	%d	2012-2016 \bar{X}	SD	2017-2020 \bar{X}	SD	%d
Æðarfugl	4127,2	4258,6	3830,0	1119,6	-7,2%	12962,4	4292,3	14117,0	6073,4	8,9%
Gulönd						1,2	1,8	12,0	18,8	900,0%
Hávella	226,8	389,7	305,0	124,5	34,5%	1958,4	867,7	2622,0	1083,8	33,9%
Rauðhöfðaönd						4,0	8,9	28,0	18,8	600,0%
Stökkönd	24,4	28,2	18,0	13,5	-26,2%	536,8	195,2	416,0	131,3	-22,5%
Straumönd	64,2	67,0	20,3	13,7	-68,5%	177,0	154,9	119,3	46,4	-32,6%
Toppönd	5,4	7,4	4,8	5,6	-12,0%	115,0	30,6	96,3	12,6	-16,3%
Himbrimi	2,8	6,3	2,3	2,1	-19,6%	61,2	28,2	66,8	23,9	9,1%
Fýll	1223,4	1416,7	418,0	294,1	-65,8%	3413,4	2974,4	4078,5	3456,5	19,5%
Súla	506,8	841,6	754,5	1364,8	48,9%	506,8	841,6	754,5	1364,8	48,9%
Dílaskarfur	27,6	6,3	55,8	22,6	102,0%	140,4	14,4	187,8	61,8	33,7%
Gráhegri	0,4	0,5	0,0	0,0	-100,0%	1,6	1,5	2,0	4,0	25,0%
Sendlingur	28,0	39,0	0,0	0,0	-100,0%	490,8	135,7	239,0	80,3	-51,3%
Bjartmáfur						48,8	48,5	77,5	60,3	58,8%
Hettumáfur	10,0	22,4	0,0	0,0	-100,0%	86,4	81,9	118,5	69,5	37,2%
Rita	0,0	0,0	37,5	75,0	100,0%	38,4	56,7	37,5	75,0	-2,3%
Silfurmáfur	126,2	158,2	36,3	63,3	-71,3%	666,2	254,8	1026,3	532,8	54,0%
Stormmáfur						12,0	26,8	0,0	0,0	-100,0%
Svartbakur	11,2	22,3	7,3	13,2	-35,3%	44,0	40,0	89,3	49,0	102,8%
Ógr. máfur	520,0	867,2	27,5	37,7	-94,7%	520,0	867,2	237,5	423,3	-54,3%
Álka	144,4	179,1	88,5	113,3	-38,7%	446,4	324	286,5	317,7	-35,8%
Haftyrðill	0,2	0,4	19,3	25,6	9525,0%	46,2	42,3	81,3	119,0	75,9%
Langvía	12,6	15,0	5,0	10,0	-60,3%	63,0	45,6	15,5	14,7	-75,4%
Teista	19,0	32,6	13,0	8,0	-31,6%	54,2	64,5	73,5	51,1	35,6%
Ógr. svartfugl	10,0	22,4	0,0	0,0	-100,0%	10,0	22,4	22,5	45,0	125,0%
Húsdúfa/Bjargdúfa	1,6	3,6	4,5	6,1	181,3%	338,8	68,5	663,0	108,7	95,7%
Hrafn	4,4	8,2	2,5	3,0	-43,2%	151,2	40,1	383,5	228,8	153,6%
Allar tegundir	7163,4	4257,8	5842,8	1889,8	-18,4%	25198,6	6194,5	26932,3	6601,8	6,9%

Vöktun lunda og æðarvarps í Stórhólma

Úrvinnslu gagna sem aflað var með flygildi er ekki lokið en þó liggja frum niðurstöður fyrir. Með fyrirvara um að það þurfi að kortleggja útmörk varpsins betur er samt hægt að fullyrða að lundavarpíð er frekar smátt í sniðum, metið 989 m² út frá þrívíddarlíkani og loftmyndum en grunnflötur hólmans í heild sinni er um 11.500 m². Segja má að varpið sé þrískipt, blettir eða balar, austast, vestast og syðst á suður helmingi eyjarinnar. Mjög lítið er af lunda í nyrsta hluta Hólmans. Meðal þéttleiki, ekki leiðréttur fyrir stubbahlutfalli, í sniðunum sex var 0,68 holur/m² (Staðalfrávik = 0,42) og var ábúðarhlutfall sem metið var sjónrænt talið 40%, þ.e. 22 holur virkar af 55.

Eins og fyrr segir var óvissa um hversu vel sjónrænt mat reyndist og voru því holur innan ferhyndra sniða heimsóttar aftur. Innan þeirra sniða höfðu í fyrri ferð fundist 23 holur og höfðu 7 þeirra (30,4%) verið taldar virkar. Í seinni ferðinni kom í ljós að einungis 3 voru raunverulega virkar og 9 aðrar (39,1%) voru stubbar. Virkni hlutfall var því metið 13,0% (SE 10,5%) en ábúðarhlutfall leiðrétt fyrir stubbahlutfalli, þ.e.a.s. virknihlutfall sannarlega nothæfra hola var 21,4%.

Miðað við að flatarmál varpsins sé 989 m², holuþéttleiki sé 0,68 holur/m² (SD=0,42) og virknihlutfall 13,0% má áætla að varpstofninn í Hólmum hafi verið u.þ.b. 90 pör sumarið 2020, en sýnastærð er of lítil og þ.a.l. öryggismörk of víð til að þau séu marktæk. Það verður að ítreka þann fyrirvara að sýnastærðin er afskaplega lítil.

Samanburður á stærð lundavarpsins milli athugana árið 2020 og fyrri athugana (Arnbór Garðarsson og Erpur Snær Hansen í undirbúningi) benda til þess að varpið sé 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 Hólmum 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 leiðrétt ábúðarhlutfall 21,4% til þess að varp hafi verið með lakara móti sumarið 2020. Til samanburðar má benda á að lundavarpið í Papey, sem er í um 50 km fjarlægð frá Hólmum, hefur verið vaktað af Náttúrustofu Suðurlands undanfarin ár og var meðal ábúðarhlutfall áranna 2010-2019 73,6% en um 48,9% á sama tímabili fyrir landið í heild sinni (Erpur Snær Hansen 2019). Sumarið 2020 var ábúðarhlutfall í Papey 72,9% og ekkert sem benti til neins óvenjulegs í árferði þar (Erpur Snær Hansen 2020).

Talning æðarhreiðra í Hólmum með flygildi sem auka-afurð kortlagningarinnar tókst vel. Sú talning var ekki megin markmið flugsins en þó má segja að frumniðurstöður lofi góðu og auðvelt væri að bæta við flugi með flygildi sem að gæfi hentugri loftmynda þekju til talninga án mikils tíma eða fyrirhafnar. Þó er slíkt í sjálfu sér ekki nauðsynlegt í Stórhólma þar sem umsjónarmaður varpsins telur það og hefur gefið NA góðfúslegt leyfi að nota þær tölur. rugg og líkleg æðarhreiður sem sýnileg voru af loftmynd voru 575 og samkvæmt Elíasi Jónssyni, taldi hann u.þ.b. 600 hreiður í eygni sumarið 2020 þegar hann var þar við dúntekju (Elías Jónsson munnleg heimild). Ljóst er að á loftþekjunni sjást ekki allar æðarkollur eða hreiður, þar sem að þær eru í hvarfi frá myndavél eða huldar gróðurþekju, eins er möguleiki að í einhverjum tilfellum hafi steinar eða skuggar verið talin sem æðarfuglar.

Sjávarspendýr

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. Af selum hefur hann séð útsel, landsel, vöðusel, blöðrusel, hringanára, kampsel, frétt/heyrt af rostungi. Af hvölum hefur hann frétt eða séð hrefnu, hnýðing, háhyrning, hnúfubak, hnísu, grindhval og mjaldur (Páll Leifsson, munnleg heimild).

Rétt er að nefna að umsjónaraðili æðarvarpsins í Hólmum, Elías Jónsson, sem að ólst upp á Hólmum, man ekki til þess að selir hafi kæpt þar eða dvalið í lengri tíma þó að selir hafi

vissulega sést reglulega þar (Elías Jónsson, munnleg heimild). Ekki varð sela vart þar sumarið 2020 og ekki fannst virkt látur en líklegt verður að teljast að a.m.k. tvær landsels urtur hafi kæpt í Reyðarfirði það sumar. Tilkynnt var til Náttúrustofu Austurlands að ósjálfbjarga landsselskópi hafi verið bjargað úr fjöru við þéttbýli á Eskifirði, 19. júní 2020. Að öllum líkindum hafði hann haldið til á þeim slóðum í einhverja daga en var svo af honum dregið að hann var handsamaður og drapst kópurinn svo 21. júní 2020.

Hálf dán H. Helgason og Páll Leifsson krufðu kópinn 22. júní 2020, að höfðu samráði við Söndru Granquist selasérfræðingi hjá Hafró og Selasetri Íslands. Dýrið reyndist vera brimill. Við útvortis skoðun mátti greina að töluverðan grút í feldi dýrsins sem hann hefur líklegast komist í tæringu við í fjörunni hvar hann fannst. Fita var mæld í vef yfir bringubeini en ekkert spik var sjáanlegt, einungis 2 mm þykk húð/trefjar. Lokaniðurstaðan var því sú að líkast til hafi dýrið drepist úr hor, líklega orðið viðskila við móður sína en afföll landselskópa eru jafnan mjög há á fyrstu vikunum. Ekki fannst neitt sem benti til þess að dýrið hafi beinlínis skaddast af mannavöldum en þó er ekki hægt að útiloka að t.d. truflun af völdum manna hafi haft áhrif á að það kópurinn varð viðskila við móður sína.

Stuttu seinna, þann 26. júní 2020 var Náttúrustofunni tilkynnt um annan landselskóp sem virtist hafa verið yfirgefinn stutt utan við þéttbýlið í Reyðarfirði. Brýndi starfsfólk Náttúrustofunnar fyrir hringjanda að mikilvægt væri að láta kópinn eiga sig og fréttist ekkert meira af honum.

4. Lokaorð

Ástand fiskeldissvæðisins við Bjarg við hámark lífmassa í nærsvæðisvöktun var í heildina *gott* samkvæmt mældum gildum og skynmati. Niðurstöður mælinga og skynmats var *gott* á öllum fimmtán stöðvunum sem voru teknar og ekki hægt að sjá að uppsöfnun lífrænna leifa sé meiri á einum stað eða öðrum í nærsvæðinu. 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 *gott* næst kvíum en *mjög gott* fjær. Hryggleysingjafánan bar þess merki að ástand í seti var verst næst kvíum en þar var fjölbreytileiki minni en fjær kvíum og hátt hlutfall tegundarinnar *Capitella capitata* bendir til þess að þar séu aðstæður erfiðar nema fyrir þolnar tegundir gagnvart lífrænni uppsöfnun.

Styrkur næringarefna í strandsjó að vetri voru svipuð eða lægri en viðmiðunargildi sem eru gefin upp á sama vistsvæði og Bjarg fellur undir. Ekki var hægt að sjá breytileika á súrefnisstyrk m.v. fjarlægð frá kvíum.

Of snemmt er 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 ástandsþrengingar. 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 lónaðarráðuneytið. 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.
- Erpur Snær Hansen, (2019). *Stofnvöktun lunda 2017-2020*. Lokaskýrsla til Umhverfisstofnunar. 2020, Náttúrustofa Suðurlands. p. 40.
- Erpur Snær Hansen (2020). *Stofnvöktun lunda 2020*. Framvinduskýrsla til Umhverfisstofnunar. 2020, Náttúrustofa Suðurlands. p. 37.
- 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 Edvarðsdóttir, 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. Matsskýrsla. RORUM 2018 006
- 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
- 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 (2018b). Laxeldi í Reyðarfirði. Mál 20184100019. *Umsögn Náttúrufræðistofnunar 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
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2020). *Vetrarfuglatalningar*. Sótt í febrúar 2021 á: <https://www.ni.is/greinar/vetrarfuglatalningar>
- Open Drone Map [Computer software] (2017). sótt á <https://github.com/OpenDroneMap/OpenDroneMap>
- 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.
- 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). *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.
- 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 (2018). 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 (2012). *Starfsleyfi fyrir kvíaeldisstöð Laxa fiskeldis ehf., kt. 621205-1370, í Reyðarfirði*. Skoðað í mars 2020 á <https://ust.is/library/Skrar/Atvinnulif/Starfsleyfi/Starfsleyfi-i-gildi/Fiskeldi/Laxar%20Rey%3%b0arfir%3%b0i%20%3%batgefi%3%b0%20starfsleyfi.pdf>
- Umhverfisstofnun (á.á.). Tillaga að starfsleyfi. Framleiðsla á laxi. Laxar Fiskeldi ehf. Reyðarfjörður. Sótt í nóvember 2019 á: <https://ust.is/library/sida/atvinnulif/starfsleyfi-og-eftirlitsskyrslur/Laxar%20fiskeldi%20Rey%3%b0arfir%3%b0i%20starfsleyfistillaga.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.

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

Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa
á fiskeldissvæði við Bjarg í Reyðarfirði
Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM B)

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.

NA-200203
Neskaupstaður
Nóvember 2020



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA- 200203	Dags (mánuður, ár): Nóvember 2020	Dreifing: Lokuð
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Bjarg í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM B)	Upplag: 3 Síðufjöldi: 17 Fjöldi korta: Fjöldi viðauka: 2	
Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir		
Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf.		
Útdráttur: <p>Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg í Reyðarfirði við hámark lífmassa. Niðurstöður þeirrar rannsókna gáfu tilefni til að virkja vöktun á sniði út fyrir nærsvæði fiskeldisins. Bakgrunns athuganir höfðu áður verið gerðar á svæðinu.</p> <p>Sýnum var safnað af botnseti á fimmtán stöðum í nærsvæði (ekki meiri fjarlægð en 30 m frá kví). Eitt sýni var tekið á hverjum stað. Á öllum staðsetningum voru mælingar á redox gildum og pH gert í efstu lögum botnsetsins og því lýst með tilliti til litar, lyktar, áferðar og hvort gasbólur eða hvít skán sæist. Sýnin voru síðan sigtuð og dýr talin og greind á staðnum 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 og svæðið fékk 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>. Öll sýnin fimmtán fengu einkunnina tvo sem telst gott. Lykt (vottur) af brennisteinsvetni fannst af öllum sýnum og var litur setsins brúnt eða svart. Gasbólur og/eða hvít skán sást ekki í sýnunum. Burstaormar sáust í öllum sýnum.</p> <p>Niðurstöður á mælingum og skynmati við hámark lífmassa samanborið við bakgrunnsathuganir sýndu að botnsetið hefur tekið breytingum eftir að eldi hófst á svæðinu. Redox og pH gildi mældust marktækt lægri við hámark lífmassa, litur og áferð setsins hefur breyst en töluvert var þó af burstorum og öðrum dýrum í sýnunum.</p>		
Lykilorð: Bjarg, hámark lífmassa, vöktun, nærsvæði, snið, botnset, sýni	ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
Yfirfarið: KÁ	ISBN 978-9935-9518-6-1 (rafræn útgáfa)	

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	4
1. Inngangur.....	5
2. Aðferðir.....	5
2.1 Sýnatökuaðferðir og staðlar.....	5
2.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand botnsets og útreikningar.....	7
2.3 Töluleg úrvinnsla.....	8
3. Niðurstöður og umræður.....	8
4. Lokaorð.....	12
5. Heimildir.....	13

Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Bjarg í Reyðarfirði. (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). 7
3. mynd. Útlit botnsets við Bjarg í bakgrunns athugunum í júní 2019 (t.v.) og við hámark lífmassa í september 2020 (t.h.). (Ljós. EEJ). 10
4. mynd. Redox gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.510 tonn) Efri og neðri línur kassana tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk, sem þýðir að 75% mælinga eru innan þeirra. Strik út frá boxum sýna 5% og 95% öryggismörk. Svört lína í kassa tákna miðgildi og gulir hringir eru meðaltöl. 10
5. mynd. pH gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.10 tonn). Sjá skýringar við 4. mynd..... 11

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) 8
- Tafla 3. Niðurstöður flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í ástandsmati á seti í fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka I og II, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis. 10
- Tafla 4. Hnit, dýpi og lýsing á fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020. 9

1. Inngangur

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOM-B) fiskeldissvæðisins við Bjarg í Reyðarfirði þann 22. september við hámark lífmassa. Byrjað var að setja fisk í kvíar við Bjarg í júní 2019 og hafði því verið fiskur í svæðinu í 15 mánuði og var lífmassi um 6.510 tonn í 16 kvíum þegar sýnataka fór fram (1. mynd). Slátrun úr kvíum af svæðinu hófst um miðjan september og er stefnt að því að tæma stöðina í lok október 2021 og fer svæðið þá í hvíld (Gunnar Steinn Jónsson framleiðslustjóri Laxa fiseildis, tölvupóstur, 9. nóvember 2020). Niðurstöður nærsvæðis rannsókna leiddu í ljós að heildareinkunn fyrir svæðið var *gott* og því þurfti að virkja vöktun á sniði (MOM-C) út fyrir fiskeldissvæðið til að kanna nánar möguleg áhrif (Standard Norge, 2016). Sú úttekt fór fram þann 15. október 2020.

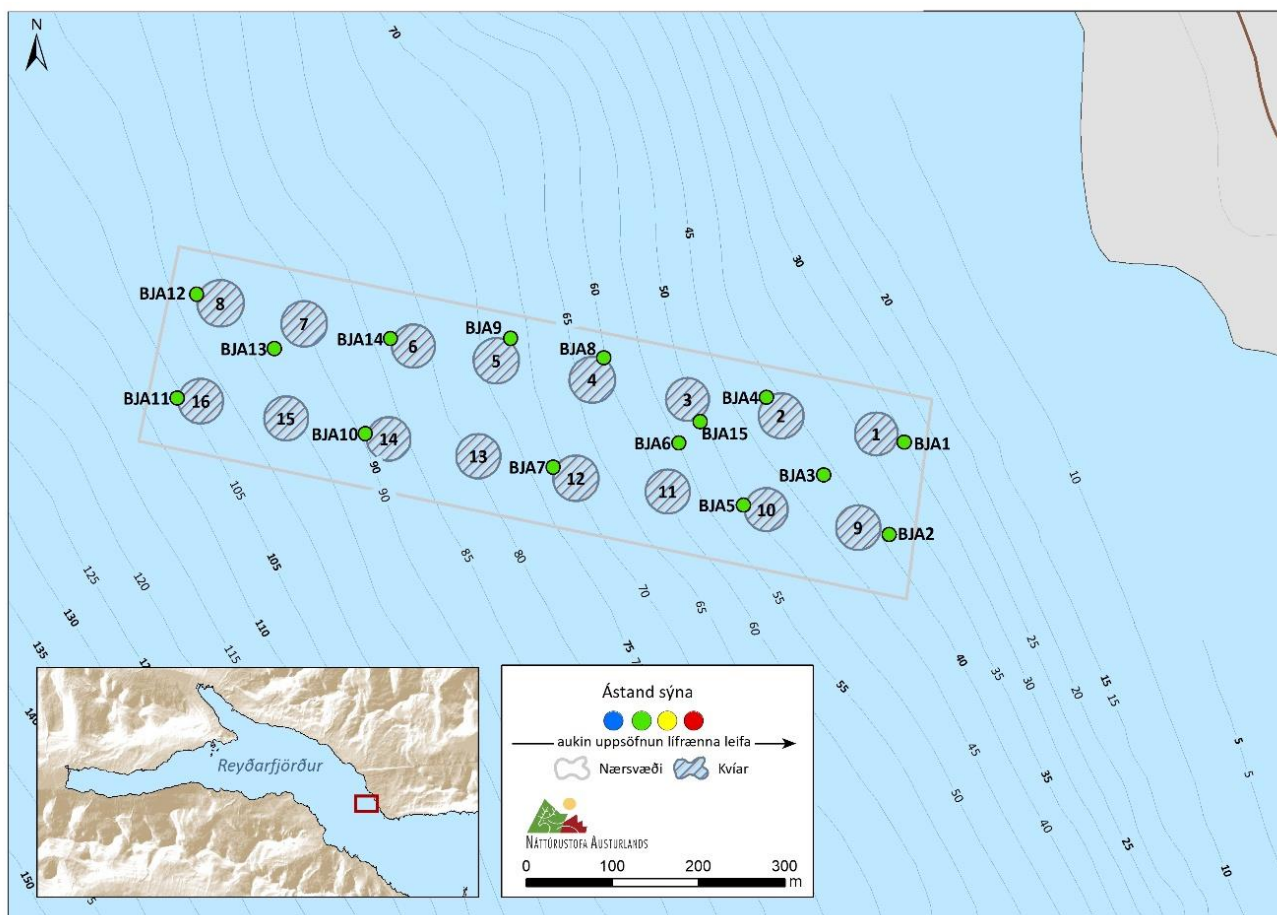
Hér er gerð grein fyrir niðurstöðum rannsókna á nærsvæði (MOM-B). Niðurstöður við hámark lífmassa eru bornar saman við bakgrunns rannsóknir sem fóru fram við Bjarg þann 3. júní 2019 áður en fiskur var settur í kvíar og má finna niðurstöður þeirrar athugunar í viðauka II.

Farið var í sýnatökur á bátum Hlín í eigu Laxar fiskeldis og var veður gott nánast logn og sólríkt.

2. Aðferðir

2.1 Sýnatökuaðferðir og staðlar

Botnsetsýni voru tekin á fimmtán stöðum í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg en nærsvæði fiskeldissvæðis er skilgreint sem svæðið undir kvíum og innan við 30 m frá þeim. Ástand setsins í nær-umhverfinu var metið með sjónrænum og mældum þáttum sem skila niðurstöðum fljótt. Unnið var 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).



1. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Bjarg í Reyðarfirði. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands, 2019 og Landhelgisgæslunni, óbirt).

Botnsýni voru tekin með Van Veen botngreip (250 cm²). Eitt sýni var tekið á hverjum stað, dýpi skráð og sýnatökustaðir hnitsettir með GPS tæki. 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 mælar sýndu stöðug gildi. Að því loknu var sýnið losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert, þ.e. hvort lykt af brennisteinsvetni (H₂S) fundist 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 skrápdyr og var stækkunargler notað til hjálpar.

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.

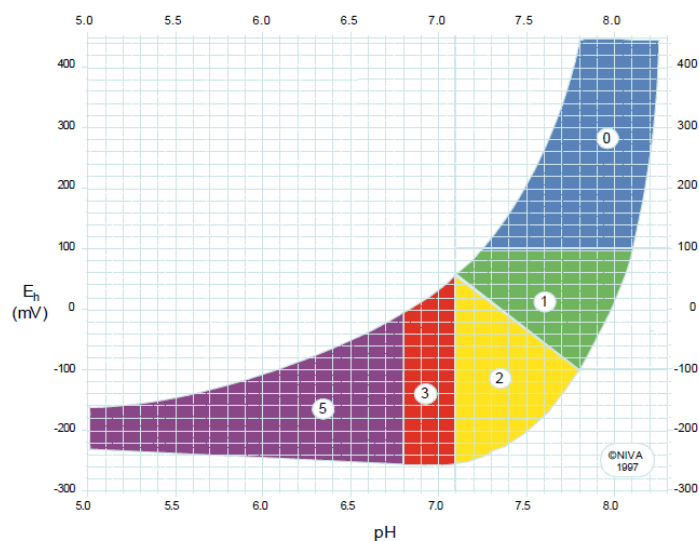
Flokkur I, tilvist dýra: þar er skráð hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 1).

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 (oxunar-afoxunarspennu). Til að fá rétt redox gildi þarf þó að umreikna mæld gildi (E_{SHE}) með því að bæta við gildi 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 mæld redox gildi í setinu 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 eru síðan staðsett á 2. mynd sem tekur til ástand setsins út frá redox og pH mælingunum og er ástand setsins 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 (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 ¼ gefur 0 stig, rúmmál milli ¼ og ¾ gefur 1 stig og rúmmál yfir ¾ 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

2.3 Töluleg úrvinnsla

Að undangengnum prófum á normal-dreifingu var parað t-próf (e. paired t-test) notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á umreiknuðum redox gildum og pH gildum milli ára 2019 (bakgrunns athugun) og 2020.

Tölfræðigreiningar voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.6.1 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016).

3. Niðurstöður og umræður

Niðurstöður mældra gilda og skynmats sýndi að öll sýni fengu einkunnina 2 sem telst *gott* ástand. (1. mynd og Tafla 3). Heildareinkunn svæðisins var 2 sem telst *gott* en er þó einkunn sem veldur því að virkja þarf sniðvöktun (Standard Norge, 2016). Fiskur var í öllum kvíum á svæðinu og voru sýni tekin við kvíar og á milli kvía (1. mynd). Dýpi sýnatökustöðva var á bilinu 27 til 110 m, grynnt við kví 1 nær landi og dýpst við kví 16 fjær landi (Tafla 4)

Dýr sáust í öllum sýnum og var ástandsmat út frá tilvist dýra ásættanlegt (< 0,5) (Tafla 3). Burstaormar voru í öllum sýnum og í tölurverðum þéttleika eða frá 46 til 308 einstaklingar í sýni. Ekki var mikil fækkun á fjölda burstaorma í sýni milli bakgrunns athugunarinnar og hámark lífmassa. Í bakgrunns athugun var fjöldi burstaorma aldrei minni en 50 í sýni, líkt og við hámark lífmassa (viðauki I). Skeljar fundust í 7 af 15 sýnum (46%) við hámark lífmassa en öllum sýnum nema einu (90%) í bakgrunnsathugunum. Krabbadýr fundust í einu sýni (6%), bæði stórkabbar (Malocostraca) og smærri krabbar við hámark en krabbadýr fundust í flestum sýnum (70%) í bakgrunns athugunum. Einnig fundust skrápdýr og maðkamóðir í bakgrunnsathugunum en voru ekki í athuginni við hámark lífmassa (Tafla 4 og viðauki II).

Tafla 3. Niðurstöður ástandsmats á botnseti, flokks I (tilvist dýra), flokks II (mæld gildi) og flokks III (skynmats) í fimmtán sýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020. Einnig er sýnt meðaltal fyrir flokka I og II, ástand hvers sýnis og heildareinkunn svæðis.

Stöðvar	Flokkur I	Flokkur II			Flokkur III		Meðaltal flokka I og II	Ástand sýna
	Tilvist dýra*	Mæld gildi			Skynmat			
	Dýr	pH	Redox (E _h)mV	Eh/pH**	Skynmat ***	Skynmat X0,22		
BJA1	0	7,43	-12	1	7	1,5	1,3	2
BJA2	0	7,37	-48	2	7	1,5	1,8	2
BJA3	0	7,55	-12	1	7	1,5	1,3	2
BJA4	0	7,58	-25	1	7	1,5	1,3	2
BJA5	0	7,51	-2	1	6	1,3	1,2	2
BJA6	0	7,53	-2	1	7	1,5	1,3	2
BJA7	0	7,56	-42	1	6	1,3	1,2	2
BJA8	0	7,37	-36	2	7	1,5	1,8	2
BJA9	0	7,39	-69	2	7	1,5	1,8	2
BJA10	0	7,41	32	1	8	1,8	1,4	2
BJA11	0	7,44	18	1	7	1,5	1,3	2
BJA12	0	7,37	-21	1	7	1,5	1,3	2
BJA13	0	7,44	-7	1	7	1,5	1,3	2
BJA14	0	7,42	-10	1	7	1,5	1,3	2
BJA15	0	7,18	-2	2	7	1,5	1,8	2
Meðaltal	0	7,38	-16	1,3	7	1,5	1,4	2
Heildareinkunn svæðis								2

*Tilvist dýra 0= já, 1= Nei

** Ástand sýna út frá 2. mynd

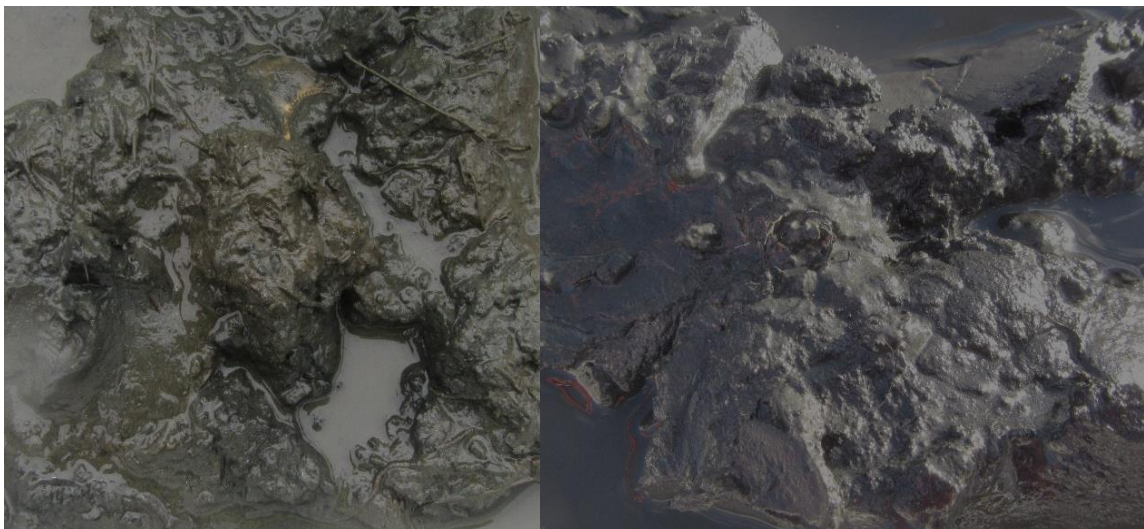
***Summa gilda sem fást með skynmati (tilvist gasbólur, litar, lyktar, áferðar, rúmmál greipar og bykkt grots)

Fóðurleifar sáust í sýnum BJA1–BJA5, BJA9, BJA10, BJA12 og BJA15. Engar gasbólur sáust í sýnunum né hvít skán sem myndast af bakteríum (Beggiatoa) sem lifa við súrefnisfirrtar aðstæður. Uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist <2 í öllum sýnum. Lykt (vottur) af brennisteinsvetni (H₂S) fannst af öllum sýnum (Tafla 4 og viðauki I).

Tafla 4. Hnit, dýpi og lýsing á fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, BJA1–BJA15) við Bjarg þann 22. september 2020.

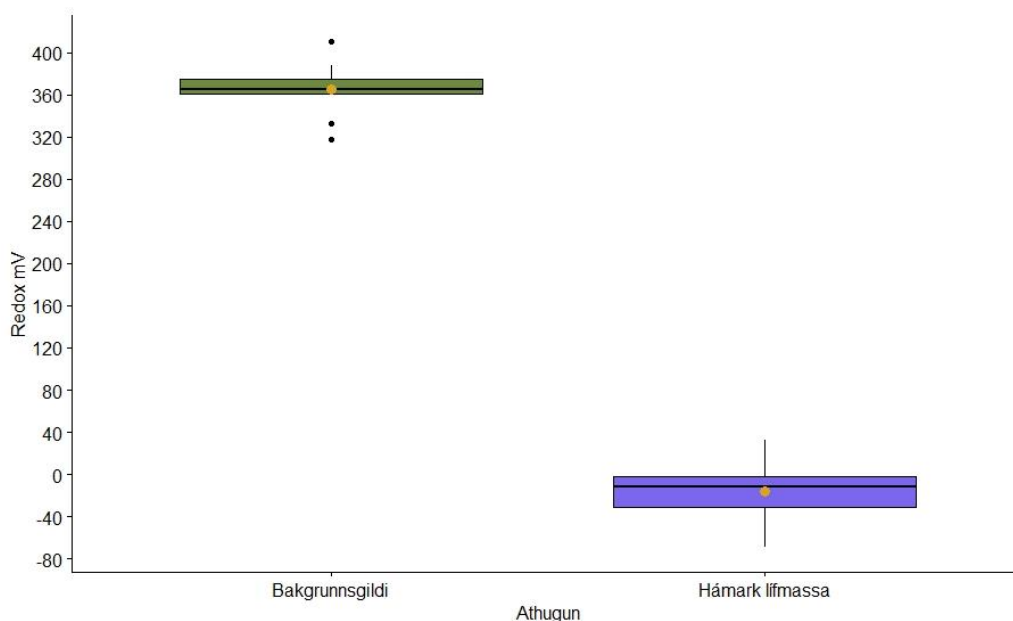
Sýni	kví nr.	Hnit		Dýpi	Lykt H ₂ S	Setgerð	Litur og áferð	Sjánleg dýr
		Lat	Long					
BJA1	1	64.999.675	-13.806.933	27	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA2	9	64.995.805	-13.807.487	38	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA3	milli	64.996.478	-13.808.978	38	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA4	2	64.997.331	-13.810.216	41	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA5	10	64.996.235	-13.811.003	49	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA6	milli	64.996.934	-13.812.455	55	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA7	12	64.996.791	-13.815.584	73	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA8	4	64.997.881	-13.814.127	62	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA9	5	64.998.164	-13.816.364	55	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA10	14	64.997.298	-13.820.122	91	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar
BJA11	16	64.997.826	-13.824.663	110	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar, skeljar og krabbadýr
BJA12	8	64.998.887	-1.382.398	99	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA13	milli	64.998.258	-13.822.184	93	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA14	6	64.998.259	-13.819.315	EM	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar
BJA15	3	64.997.139	-13.811.895	55	Vottur	Leir	brún/svört mjúk	Burstaormar og skeljar

Samanburður á myndum frá bakgrunns athugunum sýna að breyting hefur orðið á áferð og lit botnsetsins eftir að eldi hófst á svæðinu. Í bakgrunns athugunum var sýnilegt ljósbrúnt lag ofan á þéttari leir en við hámark lífmassa var brúna lagið ekki sjáanlegt og botnsetið allt dökkbrúnt eða svart (3. mynd) og var áferð setsins mjúk í stað þétt.

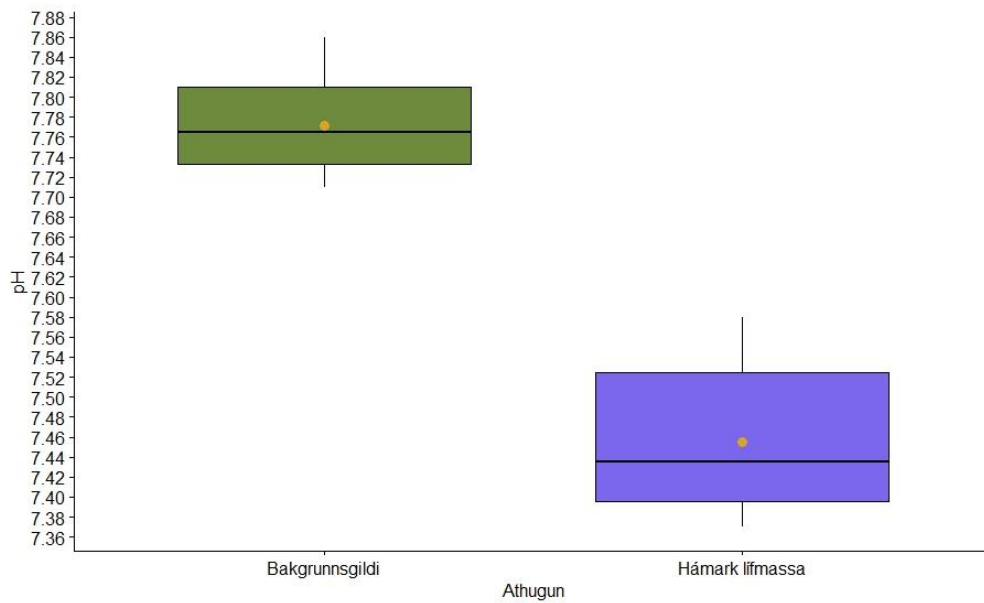


3. mynd. Útlit botnsets við Bjarg í bakgrunns athugunum í júní 2019 (t.v.) og við hámark lífmassa í september 2020 (t.h.). (Ljós. EEJ).

Meðaltal redox gilda við hámark lífmassa var -16 (spönn 32 til -69). Samkvæmt pöruðu t-prófi voru redox gildi marktækt lægri við hámark lífmassa samanborið við gildin í bakgrunns athugunum (t-próf; $p < 0,001$) en þá var meðaltal redox gilda á fiskeldissvæðinu 365 mV (spönn 318–411 mV) (4. mynd og). Meðaltal pH gilda í botnseti var 7,38 (spönn 7,18- 7,44) við hámark lífmassa og voru gildin marktækt lægri þá (Mann-Whitney; $p < 0,001$) samanborið við í bakgrunns athuguninni en þá var meðaltal pH gilda 7,78 (spönn 7,71-7,86) (5. mynd).



4. mynd. Redox gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.510 tonn) Efri og neðri línur kassana tákna fyrstu og þriðju fjórðungsmörk, sem þýðir að 75% mælinga eru innan þeirra. Strik út frá boxum sýna 5% og 95% öryggismörk. Svört lína í kassa tákna miðgildi og gulir hringir eru meðaltöl.



5. mynd. pH gildi í botnseti við Bjarg í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (6.10 tonn). Sjá skýringar við 4. mynd.

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

4. Lokaorð

Niðurstöður nærsvæðis vöktunarinnar sýna að ástand fiskeldissvæðisins við Bjarg við hámark lífmassa var í heildina *gott* samkvæmt skynmati og mælingum. Öll sýnin fengu sömu einkunn ($2=gott$) sem bendir til að dreifing lífrænna leifa sé nokkuð jöfn á svæðinu og engar dældir þar sem uppsöfnun er meiri á einum stað en öðrum. Mælingar á redox gildum gáfu til kynna að ástand setsins væri lakara (mínus gildi) en í bakgrunnsathugunum (plús gildi), en mínus gildi gefa til kynna að líklega séu aðrir oxarar ráðandi í setinu en súrefni (Aller, 2004). Lækkun á pH gildum milli hámarks lífmassa og bakgrunnsathugunarinnar skýrist sennilega af auknu niðurbroti á lífrænum leifum í setinu. Við aukna uppsöfnun á lífrænum leifum lækkar sýrustigið vegna koltvísýrings (CO_2) sem niðurbrotsbakteríur skilja út vegna öndunar þegar niðurbrot á sér stað (Wei–Jun o.fl., 2011). Aðstæður fyrir botnhryggleysingja á svæðinu eru því verri samanborið við bakgrunnsathugun.

Nokkuð mikill fjöldi botnhryggleysingja (aðallega burstaormar) var í sýnunum og fundust dýr í öllum sýnum. Þótt burstaormar hafi ekki verið tegundagreindir í nærsvæðinu má gera ráð fyrir að meirihluti tegunda sem þar finnast séu tækifæristegundir. Slíkar tegundir eiga auðveldar með að lifa í erfiðum aðstæðum líkt og þegar súrefni er af skornum skammti vegna lífrænnar uppsöfnunar (Mazzola o.fl., 2000). Þeir botnhryggleysingjar sem finnast undir eldiskvíunum eru mikilvægir fyrir framvindu hryggleysingjafánunnar þegar svæðið fer í hvíld.

Þar sem niðurstöður nærsvæðis vöktunarinnar sýndu að ástand botnsets á eldissvæðisinu er lakara en *mjög gott* var einnig framkvæmd sniðvöktun (MOM C) en þær niðurstöður verða kynntar í annarri skýrslu. Einnig verður sýnataka í nærsvæði endurtekin í lok hvíldartímabils og svo aftur við hámark lífmassa næstu framleiðslu (Standard Norge, 2016). Það væri þó gagnlegt m.t.t. nýtingu svæðisins að taka sýni um miðbik hvíldartímabilsins og svo aftur við lok hvíldartímabils. Þannig skapast betri vitneskja um hversu hratt niðurbrot lífrænna leifa verður á botninum og hvenær svæðið er í stakk búið til að eldi hefjist á ný.

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.
- Are Andreassen Moe (2013). *Environmental monitoring (MOM B) of marine finfish farms Tjaldaneseyrar in Vestur-Barðastrandarsýsla County*. Helgeland Havbruksstasjon AS: Norway.
- 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.
- 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).
- Landmælingar Íslands (2019). Ýmis landupplýsingagögn (Samgöngur, Vatnafar, Mörk, Hæðarlíkan) IS50v, útgáfa 17062019. Hlaðið niður af vef LMÍ í júlí 2019: <https://atlas.lmi.is/LmiData/index.php?id=1004937623956>
- Mazzola A., Mirto S., La Rosa T., Fabiano M and Danovaro R. (2000). Fish–farming effects of benthic community structure in coastal sediments: analysis of meiofauna recovery. *ICES Journal of Marine Science*. 57: 1454 – 1461.
- Landhelgisgæslan (óbirt). Dýptarlínur í Reyðarfirði. Landupplýsingagögn frá Árna Vésteinsyni hjá Landhelgisgæslunni til Náttúrustofu Austurlands í janúar 2018.
- Molvær, J., Knutzen, J. , Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., & Sorensen, J. (2004). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning*. Norway: Norsk institutt for vannforskning.
- 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/>.
- 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>
- Wei–Jun Cai., Xinping Hu., Wei–Jen Huang., Michael C. Murrell., John C. Lehrter., Steven E. Lohrenz., Wen–Chen Chou., Weidong Zhai., James T. Hollibaugh., Yongchen Wang., Pingsan Zhao., Xianghui Guo., Kjell Gundersen., Minhan Dai and Gwo–Ching Gong. (2011). Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication. *Nature Geoscience*. 4: 766 – 770.
- 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. Gátlisti – MOMB – B1 og B2

Gr.	Breyta (Parameter)	Stig (poeng)	Númer sýnis										Index
			BJA1	BJA2	BJA3	BJA4	BJA5	BJA6	BJA7	BJA8	BJA9	BJA10	
Botngerð (B) mjúk, Hörd (H)			B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
II	pH	Mælt gildi	7,78	7,78	7,82	7,74	7,71	7,75	7,73	7,71	7,86	7,83	
	Eh (mV)	Mælt gildi	145,1	192,9	170,0	99,5	145,0	150,0	142,5	157,3	115,2	156,9	
		ref.gildi*	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	
	pH/Eh	frá mynd D.1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ástand sýnis:			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ástand flokks (gruppe) II:			Hiti buffera(°C): 4,5 Hiti í sjó (°C): EM Hiti í seti (°C) 4,5°C pH í sjó: 8,33 Eh í sjó: 186,6										
III	Gasbólur	Já = 4											
		Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Litur	Ljós/grá = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Brúnt/svart = 2											
	Lykt	Engin = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vottur = 2											
		Sterk = 4											
	Áferð	Þétt=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mjúk=2											
		Laus = 4											
	Rúmmál greipar	< 1/4 = 0											
		1/4 - 3/4 = 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		> 3/4 = 2											
	Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 cm-8 cm = 1											
> 8 cm = 2													
	Samtals =	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Gildi X x0.22			0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ástand sýnis			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ástand flokks (gruppe) III			1										
Meðaltal flokka II og III			0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ástand sýna			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
pH/Eh	Leiðréttingar summa Index	Meðaltal	Einkunn	< 1, 1	1								
				1,1-<2,1	2								
				2,1-<3,1	3								
				≥3	4								
				HEILDAR EINKUNN SVÆÐIS									

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

Skoðað þann 10.mái 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).

Viðauki II Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg

Laxar fiskeldi ehf.
Strandgötu 18
735 Eskifirði

Sent í tölvupósti á
Gunnar Stein Gunnarsson: gunnar@laxar.is og
Kristján Ingimarsson: kristjan@laxar.is

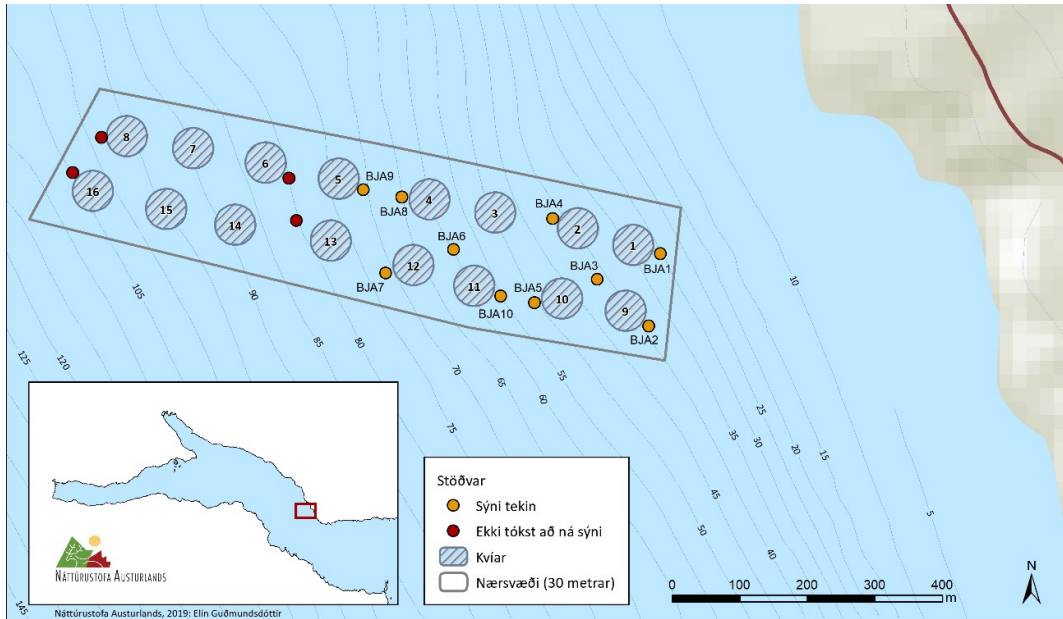
Neskaupstaður 11. september 2019

Efni: Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg

Samkvæmt samningi Náttúrustofu Austurlands og Laxa gerði Náttúrustofa Austurlands grunnrannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOMB) fiskeldissvæðisins við Bjarg í Reyðarfirði 3. júní 2019. Annmarkar komu upp við sýnatöku og náðust ekki sýni þar sem fiskeldissvæðið er dýpst, við kvíar 6, 7, 8, 14, 15 og 16 (1. mynd). Þann 20. júní var því farið aftur á staðinn og reynt að taka sýni á því svæði en án árangurs. Byrjað var við kví 16 (1. mynd) en greipin kom alltaf tóm upp þrátt fyrir margendurteknar tilraunir. Þá var farið dýpra og utar á svæðið en þá kom greipin beigluð upp og ónothæf og voru engin sýni tekin í þeirri ferð. Báturinn Saga í eigu Laxar fiskeldis var notuð í ferðirnar. Þann 3. júní var veður gott í fyrstu en það vindaði síðdegis en þann 20. júní var veður gott allan tímann.

Aðferðir

Sýni voru tekin á tíu stöðvum í nærsvæði eldissvæðisins við Bjarg. Reynt var að staðsetja stöðvar þannig að þær gefi sem besta mynd af svæðinu en líkt og kom fram hér á undan náðust ekki sýni í dýpsta hlutanum (1. mynd). Sýnataka 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 innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Bjarg í Reyðarfirði. (kortagögn frá Landmælingum Ísland og Landhelgisgæslunni).

Botnsýni voru tekin með Van Veen botngreip (250 cm²). Eitt sýni var tekið á hverjum stað, dýpi var skráð og sýnatökustaðir hnitsettir með GPS tæki. Um leið og sýni kom upp var oxunargeta (**reduction–oxidation reaction**) setsins mæld, ásamt pH-gildi og hita. Elektóðum mælanna var stungið um 1 cm ofan í setið og lesið af þegar mælur sýndu stöðug gildi. Sýnið var losað úr greipinni á plastbakka og skynmat gert, þ.e: hvort lykt af brennistein myndist í 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. 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.

Allar niðurstöður voru skráðar á staðlaðan gátlista¹ (sjá viðauka II) og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi. Gildi allra þátta sem kannað var í sýnunum eru lögð saman og svæðið fær ákveðna einkunn skv. staðli sem ákvarðar ástand þess. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4= mjög slæmt (Standard Norge, 2016).

Niðurstöður

Allir flokkar í úttekt á ástandi mjúkbots innan eldissvæðis við Bjarg fengu einkunina 1 eða mjög gott og var heildareinkunn svæðisins að sama skapi 1 eða mjög gott. Enginn fiskur

¹ Gátlisti úr norska staðlinum (Standard Norge, 2016).

var í kvíum þegar sýnataka fór fram 3. júní og var úttektin sem hér er gerð grein fyrir hugsuð sem grunnrannsókn til samanburðar við ástand eftir að eldi hefst á svæðinu.

Dýpi sýnatökustöðva þar sem sýni náðust var á bilinu 32 til 74 m, grynnt þar sem svæðið liggur nær landi og dýpra fjær landi. Dýpi sýnatökustöðva þar sem ekki náðust sýni var á bilinu 83–108 m (1. mynd). Setgerð á botni reyndist blandað silt og leir á tveimur ystu stöðvunum (BJA1 og BJA2) en leir á öðrum stöðvum (BJA3–BJA10). Burstaormar fundust á öllum stöðvum og var sá dýrahópur í mestum þéttleika. Krabbadýr fundust á sex stöðvum, skeljar á níu stöðvum og skrápdýr á fjórum stöðvum. Einnig fannst maðkamóðir á tveimur stöðvum (Tafla 1).

Enginn skítur, fóðurleifar, né gasbólur sáust og uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist ekki. Engin lykt af brennistein fannst af sýnum (Tafla 1).

Tafla 1. Hnit og lýsing á botnsýnum á þeim 10 stöðum sem sýni náðust af botni á fiskeldissvæðinu við Bjarg 3. júní 2019.

Sýni	kví. Nr.	Hnit		Dýpi	Lykt H ₂ S	Setgerð	Litur og áferð	Sjánleg dýr
		Lat	Long					
BJA1	1	-13.806933	64.996750	32	Engin	Silt/leir	brún/grá þétt	Burstaormar, krabbadýr, skeljar, maðkamóðir
BJA2	9	-13.807487	64.995805	41	Engin	Silt/leir	brún/grá þétt	Burstaormar, krabbadýr, skeljar, maðkamóðir
BJA3	milli	-13.808978	64.996478	42	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar og skeljar
BJA4	10	-13.810216	64.997331	43	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar, skrápdýr og krabbadýr
BJA5	2	-13.811003	64.996235	52	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar og skeljar
BJA6	milli	-13.813397	64.997030	63	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar, skrápdýr, krabbadýr og skeljar
BJA7	12	-13.815584	64.996791	74	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar og skeljar
BJA8	4	-13.814887	64.997779	67	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar, skrápdýr, krabbadýr og skeljar
BJA9	5	-13.816067	64.997919	73	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar, krabbadýr og skeljar
BJA10	11	-13.812042	64.996363	56	Engin	Leir	brún/grá þétt	Burstaormar, skrápdýr, krabbadýr og skeljar

Gildi pH mældust á bilinu 7,71 til 7,86 og var meðaltalsgildið 7,77. Redox gildin voru á bilinu 318–411 mV og meðaltalsgildi 365 mV (Tafla 2).

Redox mælingar í seti gefa upplýsingar um ástand sets og mæla oxunargetu þess (oxunar-afoxunarspennu). Uppsöfnun lífrænna leifa hefur neikvæð áhrif á lífríki undir kvíum. Eftir því sem lífræn uppsöfnun er meiri því minni verður oxunargetan í setinu. Redox gildi (umreiknuð, E_{SHE})² hærri en +100 mV teljast bakgrunnsgildi og endurspeglar eðlilegt ástand sets. Gildi á bilinu + 100 til -50 mV gefa vísbendingu um að hnignun sé á bakt-eríum og botndýrum sem brjóta niður lífrænar leifar í setinu. Gildi lægri en -250 mV telst óásættanleg (Hargarve o.fl. 2008; Zettler o.fl., 2007; Wildish o.fl. 2001; Brooks o.fl. 2003).

² Til að umreikna redox gildi (E_{SHE}) þarf að bæta við uppgefnu gildi sem fylgir með nemanum (Thermo Fisher Scientific inc., 2007) og fæst með jöfnunni $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$. Útreikningurinn er gerður til að geta borið mæld redox gildi í setinu saman við aðrar rannsóknir og þekkt gildi í botnseti (t.d. Hargarve o.fl., 2008).

Tafla 2. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH) og redox gildum ($E_{mælt}$) í setsýnum á tíu stöðum á fiskeldissvæðinu við Bjarg þann 3. júní 2019. Auk þess er gefið upp gildi sem þarf að bæta við mælda gildið ($E_{ref.pot}$) sem fylgir með nemanum (Thermo Fisher Scientific inc., 2007) sem mælt er með og er sú tala háð hita í setinu. Umreiknuð gildi (E_{SHE}) fást með jöfnunni $E_{SHE} = E_{mælt} + E_{ref.pot}$. Raðað eftir innstu til ystu stöðvar. EM táknar ekki mælt.

Stöðvar	pH	Redox (mV)		Umreiknuð gildi (E_{SHE})	Ástand í seti*
		Mælt gildi	Uppgefið gildi ($E_{ref.pot}$)		
BJA1	7,78	145	218	363	Bakgrunnsgildi
BJA2	7,78	193	218	411	Bakgrunnsgildi
BJA3	7,82	170	218	388	Bakgrunnsgildi
BJA4	7,74	100	218	318	Bakgrunnsgildi
BJA5	7,71	145	218	363	Bakgrunnsgildi
BJA6	7,75	150	218	365	Bakgrunnsgildi
BJA7	7,73	143	218	361	Bakgrunnsgildi
BJA8	7,71	157	218	375	Bakgrunnsgildi
BJA9	7,86	115	218	333	Bakgrunnsgildi
BJA10	7,83	157	218	375	Bakgrunnsgildi

*Hargarve o.fl. 2008

Nánar má sjá niðurstöður fyrir alla þætti hvernar sýnatökustöðvar í viðauka II.

Lokaorð

Ástand fiskeldissvæðisins við Bjarg var mjög gott samkvæmt skynmati og mælingum. Öll sýni voru mjög svipuð hvað mælingar á redox gildum og pH gildum varðar sem og skynmati. Samsetning dýrahópa og þéttleiki var einnig mjög svipað milli sýna. Niðurstöðurnar við Bjarg eru svipaðar og sást í grunnrannsóknnum við Sigmundarhús. Þar voru redox gildi að meðaltali 346 mV sem er sambærilegt og í þessari rannsókn (365 mV). Á báðum svæðunum voru burstaormar í mestum þéttleika en einnig fundust krabbadýr, skeljar og maðkamóðir á báðum stöðvum. Ljóst er að þegar farið verður í sýnatöku við hámark lífmassa við Bjarg verður að notast við öflugri greip (Shipek greip) í dýpsta hluta svæðisins.

Heimildir

- 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.
- Molvær, J., Knutzen, J. , Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J., & Sorensen, J. (2004). *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning*. Norway: Norsk institutt for vannforskning.
- 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).
- 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.

Viðauki I. Gátlisti – MOMB – B1 og B2

Gr.	Breyta (Parameter)	Stig (poeng)	Númer sýnis										Index
			BJA1	BJA2	BJA3	BJA4	BJA5	BJA6	BJA7	BJA8	BJA9	BJA10	
Botngerð (B) mjúk, Hörd (H)			B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
II	pH	Mælt gildi	7,78	7,78	7,82	7,74	7,71	7,75	7,73	7,71	7,86	7,83	
	Eh (mV)	Mælt gildi	145,1	192,9	170,0	99,5	145,0	150,0	142,5	157,3	115,2	156,9	
		ref.gildi*	218	218	218	218	218	218	218	218	218	218	
	pH/Eh	frá mynd D.1**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ástand sýnis:			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ástand flokks (gruppe) II:			Hiti buffera(°C): 4,5 Hiti í sjó (°C): EM Hiti í seti (°C) 4,5°C pH í sjó: 8,33 Eh í sjó: 186,6										
III	Gasbólur	Já = 4											
		Nei = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Litur	Ljós/grá = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Brúnt/svart = 2											
	Lykt	Engin = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Vottur = 2											
		Sterk = 4											
	Áferð	Þétt=0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Mjúk=2											
		Laus = 4											
	Rúmmál greipar	< 1/4 = 0											
		1/4 - 3/4 = 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
> 3/4 = 2													
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2 cm-8 cm = 1												
	> 8 cm = 2												
Samtals =			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Gildi X x0,22			0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ástand sýnis			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Ástand flokks (gruppe) III			1										
Meðaltal flokka II og III			0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ástand sýna			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
pH/Eh Leiðréttingar summa			Einkunn										
Index Meðaltal													
< 1, 1				1									
1,1-<2,1				2									
2,1-<3,1				3									
≥3			4										
HEILDAR EINKUNN SVÆÐIS												1	

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

Skoðað þann 10.mái 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).

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Mýrargötu 10 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Fax 477-1923 • Netfang: na@na.is

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

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

Rannsóknir á sjó og botnseti við fiskeldissvæðið
Bjarg í Reyðarfirði
Niðurstöður sniðvöktunar (MOM C)

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Skýrsla nr: NA-210209	Dags (mánuður, ár): Apríl 2021	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Bjarg 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 Bjarg 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 nærsvæðis. Bakgrunns athuganir höfðu áður verið gerðar á svæðinu.</p> <p>Sýnum var safnað af botnseti á fimm stöðum á sniði í 25 til 500 m fjarlægð frá kví og einni viðmiðunarstöð. Fjögur sýni voru tekin á hverjum stað. Alls staðar 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.</p> <p>Niðurstöður mælinga og skynmats sniðvöktunarinnar sýndu að ástand botnsets var <i>gott</i> á stöðvum næst kvíum (25 m) en <i>mjög gott</i> á öðrum stöðvum fjær kvíum (55–1000 m) og á viðmiðunarstöð. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á sömu stöðvum og mælingar og skynmat var gert sýndu að ástandið var verst næst kvíum en það var <i>gott</i> eða <i>mjög gott</i> á stöðvum fjær kvíum. Þéttleiki botnhryggleysingja var mestur næst kvíum en minnstur á dýpstu stöðinni. Tegundasamsetning hryggleysingjafáunnar næst kvíum bar merki uppsöfnunar lífrænna leifa. Tegundafjölbreytni reyndist einnig lægst næst kvíunum en jókst um eftir því sem fjær dró kvíar. Niðurstöðurnar sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa virtist vera staðbundin og var hryggleysingjafánan í sýnum sem tekin voru lengra frá kvíum lík því sem fram komu í bakgrunnsrannsóknum. Mælingar á næringarefnum í sjósýnum sýndu að öll gildi voru undir viðmiðunum sem sett eru fyrir vetrarstyrk næringarefna í strandsjó. Súrefnismælingar sem Hafrannsóknastofnun gerði við Bjarg sýndi að gildin þar voru svipuð og á öðrum stöðum fjær eldi.</p>		
Lykilorð: Bjarg, hámark lífmassa, vöktun, snið, botnset, sýni	ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)	
Yfirlit: Kristín Ágústsdóttir, Bárður Arnaldsson og Ísak Örn Guðmundsson	ISBN nr: 978-9935-9591-0-2 (rafræn útgáfa)	

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	4
1. Inngangur	6
2. Aðferðir	6
2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni	6
2.1.1 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati	8
2.1.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni	10
2.2 Vöktun strandsjávar.....	11
2.2.1 Næringarefni	11
2.2.2 Súrefni	11
2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna og súrefni í strandsjó	11
2.3 Töluleg úrvinnsla	12
3. Niðurstöður	13
3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni.....	13
3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti	13
3.1.2 Botnhryggleysingjar.....	14
3.2 Vöktun strandsjávar	19
3.2.1 Næringarefni	19
3.2.1 Súrefni	19
4. Umræður	20
5. Heimildir	22

Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar í sniðvöktun á fimm stöðum (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í Reyðarfirði í október 2020 (botnsýni) og febrúar 2021 (sjósýni) og sýnatökustöð á botni á ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Einnig eru sýndar staðsetningar súrefnismælinga sem Hafrannsóknastofnun gerði á tveimur stöðum í nóvember (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni). 7
2. mynd. Ástandsmat sets út frá mældum gildum redox (E_h)/pH (mynd fengin úr Are Andreassen Moe, 2013). 9
2. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m^2 á hverri stöð (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í október 2020. 15
3. mynd. Klasagreining á botnsýnum við Bjarg í október 2020 (1–6) og bakgrunnsgildum (An-1) árið 2003. 19

Töfluskrá

- Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra (Standard Norge, 2016). 8
- 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 1. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016). 10
- Tafla 2. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener, $H' \log_2$) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018). 10
- Tafla 3. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífæns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (tafla endurgerð úr Iversen & Sandøy, 2018). 10
- Tafla 4. Viðmiðunargildi fyrir vetrarstyrk næringarefna ($\mu\text{mól L}^{-1}$) í strandsjó á vistsvæði 1. Tafla unnin upp úr Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019). 11
- Tafla 5. Hnit, dýpi og lýsing á fimm botnsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5) og einni viðmiðunarstöð (6) við Bjarg 7. október 2020. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.13
- Tafla 6. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum, heildarmagni lífræns kolefnis (TOC mg/g), hlutfall kornastærðar $<63 \mu\text{m}$ í sýni, heildarmagni lífræna leifa (LOI % af þurrvigt) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Bjarg þann 7. október 2020. Græni liturinn vísar til að ástand botnsets sé gott út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018). Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum. 14
- Tafla 7. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaorma tegunda á sex stöðvum (1–6) við Bjarg í október 2020. 15
- Tafla 8. framh. 16
- Tafla 9. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingjategunda sem fundust á á sex stöðvum við Bjarg í október 2020. 17
- Tafla 10. Yfirlit algengustu tegunda hryggleysingja og hlutfall (%) þeirra af heildarþéttleika hryggleysingja, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ($H' \log_2$) og einsleitnistuðul Pielous J' á sex stöðvum í sniðvöktun við Bjarg í október 2020. 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. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.	18
Tafla 13. Bray-Curtis skyldleikareikningar eftir að fiskeldi hefst (stöðvar 1–6) og áður en fiskeldi hefst (An-1) við Bjarg.....	18
Tafla 12. Styrkur næringarefna (NO ₃ , NO ₂ , PO ₄ og NH ₄) og kísils (μmol L ⁻¹) við Bjarg þann 11. febrúar 2021. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum	19

1. Inngangur

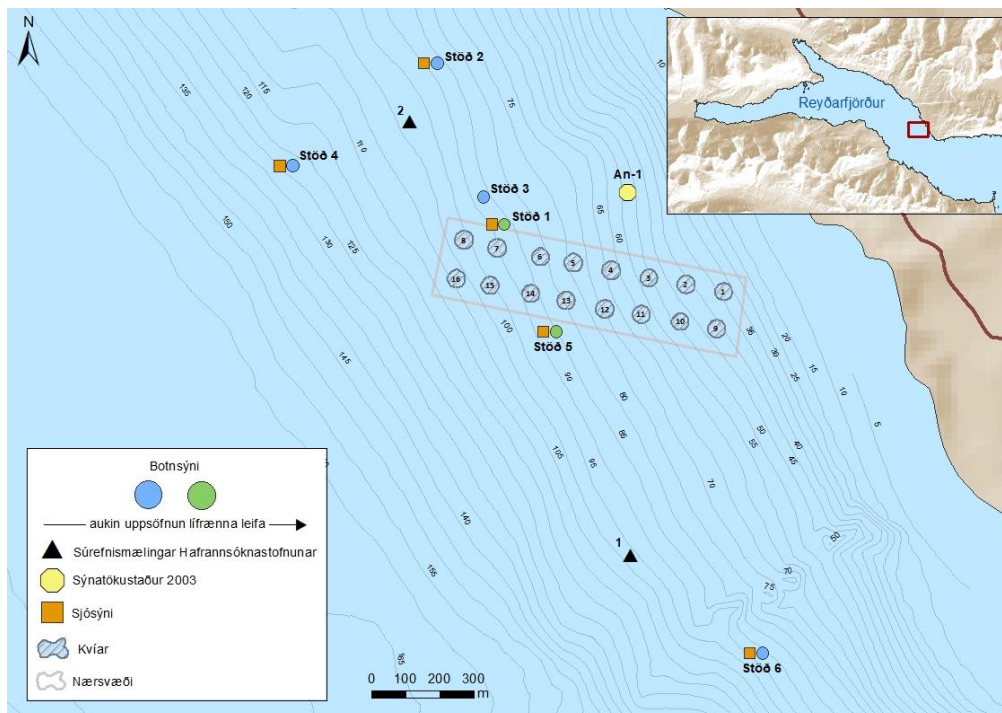
Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOM B) fiskeldissvæðisins við Bjarg í Reyðarfirði við hámark lífmassa í september 2020. Fiskur var settur út í byrjun júní 2019 og hafði fiskur verið í kvíum á svæðinu í 16 mánuði. Lífmassi var um 6.600 tonn í 16 kvíum þegar sýnataka fór fram (1. mynd). Slátrun úr kvíum af svæðinu hófst í janúar 2021 og lýkur um mánaðarmót ágúst/september og fer svæðið þá í hvíld (Ísak Örn Guðmundsson, Stöðvarstjóri tölvu-póstur, 16. apríl 2021). Niðurstöður nærsvæðis rannsóknanna (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2020) 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 7. október 2020. 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 í febrúar og mælingum á súrefni í sjó í nóvember.

2. Aðferðir

2.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

Botnsýni í sniðvöktun (MOM C) voru tekin á fimm stöðvum út frá nærsvæði eldissvæðisins við Bjarg 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 austur 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 á fimm stöðum (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í Reyðarfirði í október 2020 (botnsýni) og febrúar 2021 (sjósýni) og sýnatökustöð á botni í ágúst árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Einnig eru sýndar staðsetningar súrefnismælinga sem Hafrannsóknastofnun gerði á tveimur stöðum í nóvember (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

Sýni voru tekin með Van Veen botngreip (250 cm^2), fjögur sýni voru tekin á hverri stöð, þrjú til tegundagreiningar á hryggleysingjum og eitt til efnagreininga. Dýpi var skráð af bát og sýnatökustaðir hnitsettir. Öll sýni til tegundagreininga á hryggleysingjum voru sigtuð á staðnum með $0,5 \text{ mm}$ 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 ($^{\circ}\text{C}$) 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 (H_2S) fundist 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.

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.

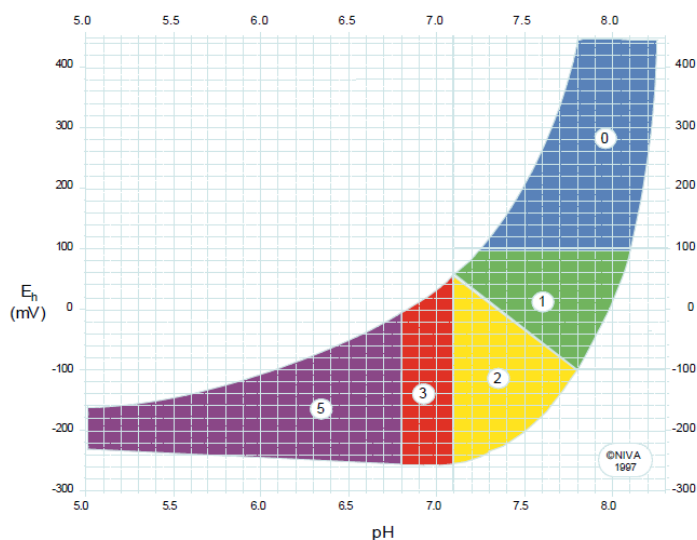
Flokkur I, tilvist dýra: þar er skráð hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 1).

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 ákvarða 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 (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 (fjölda/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	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 (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	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

2.2 Vöktun strandsjávar

2.2.1 Næringarefni

Sýnum til mælinga á næringarefnum í strandsjó var safnað á fimm stöðum þann 11. febrúar 2021 (1. mynd). Eitt sýni á hverri stöð var tekið við yfirborðið (0 m) í fötu og sett í sýrupvegnar 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 nitrats (NO_3), nítríts (NO_2), fosfats (PO_4), kísils (Si) og ammoníum (NH_4). Aðferðir við mælingar á fosfat voru samkvæmt aðferðum Murphy og Riley (1962). Fyrir níturat, nítrít og kísil var fylgt aðferðum samkvæmt Grasshof (1970) og fylgt var aðferðum samkvæmt Holmes o.fl., (1999) fyrir ammoníum (Alice Benoit-Cattin, tölvupóstur þann 31. mars 2021). Við mælingu á níturati mælist einnig nítrít (NO_2) í sýninu og fæst 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 eitt sýni á hverri staðsetningu látið duga.

2.2.2 Súrefni

Hafrannsóknastofnun mældi súrefni (mL/L) á tveimur stöðum við Bjarg þann 9. nóvember 2020 (1. mynd) á Bjarna Sæmundssyni. Mælt var gegnum vatnssúluna með Seabird sondu (CTD) með Seabird súrefnisnema. Að auki var tekið súrefnissýni á neðsta dýpi sondunnar, u.þ.b. 10 m frá botni á báðum stöðum (Magnús Danielsen, tölvupóstur þann 9. desember 2020).

2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna og súrefni í strandsjó

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 Bjarg er í ysta hluta Reyðarfjarðar (vatnhlotanúmer 102-1381-C) og fellur undir opið svæði á vistsvæði 1 þar sem vetrarhiti sjávar er að öllu jöfnu 1-4°. 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 ($\mu\text{mol L}^{-1}$) 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
Níturat (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 eða súrefni (Sólveig Rósa Ólafsdóttir o.fl., 2019).

2.3 Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert botnsýni (greip 250 cm²) 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 hryggleysingjategunda 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' :

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

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' :

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

Fjarlægðagreining (Bray-curtis) var notuð til að kanna hversu líkar stöðvar voru hvað varðar tegundasamsetningu hryggleysingja. 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.

Tölfræðigreiningar voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.6.1 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016).

3. Niðurstöður

3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti

Allar greipar voru vel lokaðar og fullar af seti. Niðurstöður mældra gilda og skynmats í sniðvöktun (MOM C) sýndi að sýni á stöð 1 og 5 sem eru næst kvíum, fékk tvo í einkunn sem telst *gott* en önnur sýni sem voru í meiri fjarlægð (55–1000 m) fengu 1 sem telst *mjög gott* ástand og var heildareinkunn sniðvöktunarinnar *mjög gott* (1. mynd og Viðauki I). Dýpi sýnatökustöðva í sniðvöktun (MOM C) var 88–128 m, grynnt á sýnatökustöðum 1 og 6 en dýpst á sýnatökustað 4. Setgerð á botni reyndist leir á öllum stöðvum. Það vottaði fyrir lykt af brennisteinsvetni (H₂S) af sýni á stöð 5 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 Bjarg 7. október 2020. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.

Stöðvar	Hnit		Dýpi (m)	Lykt af H ₂ S	Setgerð	Litur og áferð
	Lat	Long				
1	64,99934	-13,8214	88	Engin	Leir	Brún/svört, mjúk
5	64,98739	-13,8079	91	vottur	Leir	Brún/svört, mjúk
3	64,99986	-13,8220	90	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
4	65,00104	-13,8344	128	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
2	65,00334	-13,8246	93	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
6	64,98739	-13,8079	88	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt

Gildi pH mældist á bilinu 7,81 til 7,89 og redox-gildi á bilinu 38 til 130 mV. Fimm sýni mældust með gildi hærrí en 100 mV og teljast því til bakgrunnsgilda. Tvö sýni, 1 og 5 mældust með gildi sem gefa vísbendingu um að hnignun sé í setinu. Þessi sýni voru næst kvíum. Lægsta redox gildið mældist á sýnatökustað 5, sem er austan við kvíaröðina (í 25 m fjarlægð frá kví) en hæsta gildið á sýnatökustað 2 sem er fjærst kvíunum í norður (tafla 5 og 1. mynd).

Lífrænt kolefni (TOC) mældist frá 15,4–20,7 mg/g lægst á stöð 2 og hæst á viðmiðunarstöð. Heildar lífrænt kolefni leiðrétt fyrir kornastærð (nTOC) var svipað á öllum stöðvum eða frá 21–25 mg/g og var ástand gott á öllum stöðvum miðað við norska staðla (Iversen & Sandøy, 2018). Heildarmagn köfnunarefnis (TN mg/g) í seti mældist 1,83–2,36 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 þurrvigti) og heildar köfnunarefni (TN mg/g) í sex setsýnum úr sniðvöktun (MOM C, 1–5 og viðmiðunarstöð (6)) við Bjarg þann 7. október 2020. Græni liturinn vísar til að ástand botnsets sé gott út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018). Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.

Stöð	Fjarl. frá kví	pH	Redox	TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	TN mg/g
1	25	7,85	52	17,1	65,8	23	6,52	1,95
5	25	7,85	38	17,5	70,5	23	6,67	2,11
3	55	7,83	120	15,9	62,4	23	6,48	1,84
4	200	7,81	113	17,0	61,1	24	7,28	2,07
2	500	7,93	130	15,4	68,6	21	6,72	1,83
6	1000	7,89	118	20,7	76,3	25	8,57	2,36

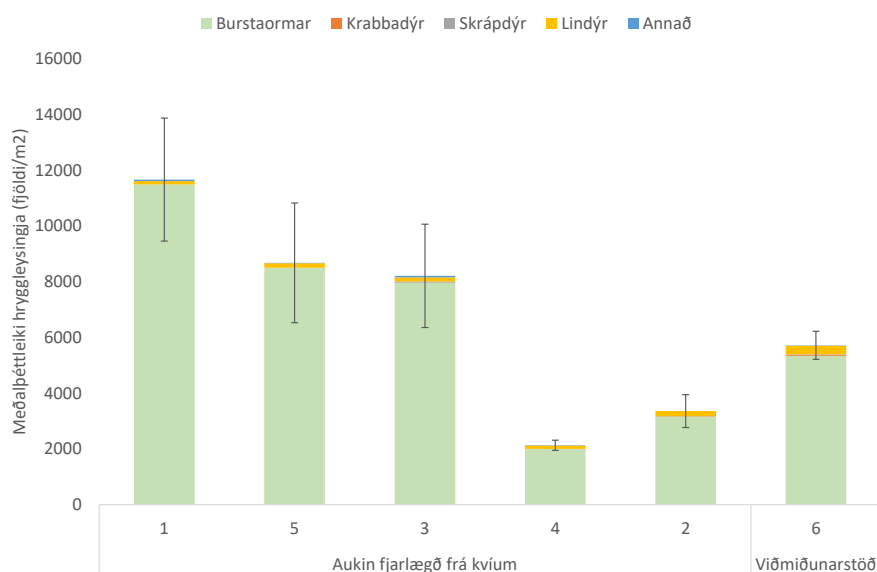
*Heildarmagn lífræns kolefnis miðað við kornastærð (% silt og leir, <63 µm)

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

3.1.2 Botnhryggleysingjar

Meðalþéttleiki hryggleysingja var frá 2.133 til 11.667 dýr á fermetra (án þráðorma). Flest voru dýrin á stöð 1 (næst kvíum) og fæst á dýpstu stöðinni (stöð 4) (3. mynd). Burstaormar (Polychaeta) var sá hryggleysingjahópur sem var ríkjandi á botni á öllum stöðvum og var meðalþéttleiki þeirra frá 2.000 til 11.493 ormar á m² og nam hlutdeild þeirra frá 92%–97% af heildarþéttleika hryggleysingja (3. mynd og

Tafla 9). Þeir voru jafnframt tegundaríkasti hryggleysingjahópurinn á öllum stöðvum, en alls voru greindar 44 tegundir/hópar burstaorma af 23 ættum. Fæstar tegundir burstaorma fundust á dýpstu stöðinni (15 tegundir) en flestar voru þær á stöð 2 og 6 (27 tegundir/hópar) fjærst kvíum (Tafla 11).



3. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m² á hverri stöð (1–5) og viðmiðunarstöð (6) við Bjarg í október 2020.

Tafla 9. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaorma tegunda á sex stöðvum (1–6) við Bjarg í október 2020.

Burstaormar (Polychaeta)	Aukin fjarlægð frá kvíum →					Viðm. 6
	1	5	3	4	2	
Ampharetidae					133	
<i>Ampharete borealis</i>			93	253	107	227
Capitellidae	13				13	
<i>Capitella capitata</i>	8.253	6.653	4.960			27
<i>Mediomastus fragilis</i>		27	40	13	13	
Cirrulidae						
<i>Chaetozone setosa</i>	1.347	613	1.120	320	720	987
Cossuridae						
<i>Cossura longocirrata</i>	787	360	520	40	333	253
Dorvilleidae						
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	187		27			
<i>Parougia nigridentata</i>	320	173	200	40	53	133
Lumbrineridae						
<i>Scoletoma fragilis</i>			27	67	93	93
Maldanidae						
<i>Maldane sarsi</i>	13	13	53	27	93	387
<i>Praxillella</i> sp.		13			13	
<i>Rhodine</i> sp.	13					
Microphthalmidae						
<i>Microphthalmus aberrans</i>	13					
Nephtyidae						
<i>Nephtys caeca</i>	13					27
<i>Nephtys</i> sp.		40	67	53	53	
Opheliidae						
<i>Ophelina acuminata</i>					27	
Orbiniidae						
<i>Scoloplos armiger</i>			40		40	80
Oweniidae						
<i>Galathowenia oculata</i>	27	40	80	13	227	840
<i>Owenia fusiformis</i>			13			93
Paraonidae						
<i>Levinsenia gracilis</i>						13
Phyllodocidae					27	
<i>Eteone longa</i>		53		13		13
<i>Eteone</i> sp.	93	53	27		13	13
<i>Phyllodoce maculata</i>					13	
<i>Phyllodoce</i> sp.	13	13	93			27

Tafla 10. framh.

Burstaormar (Polychaeta)	Aukin fjarlægð frá kvíum →					Viðm. 6
	1	5	3	4	2	
Polynoidae						
<i>Harmothoe imbricata</i>			27			13
<i>Harmothoe</i> spp.					13	
Sabellidae						
<i>Euchone analis</i>				40		
<i>Euchone papillosa</i>			13		40	160
<i>Euchone</i> sp.		13	0	13	40	360
<i>Laonome kroyeri</i>				27		
Scalibregmatidae						
<i>Scalibregma inflatum</i>	13	13	13			
Sphaerodiroridae						
<i>Sphaerodoropsis minuta</i>						27
Spionidae						
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	347	280				
<i>Polydora</i> spp.						13
<i>Prionospio fallax</i>	13	147	453	1.053	840	1.347
<i>Spio</i> sp.			27		120	27
Sternaspidae						
<i>Sternaspis scutata</i>						13
<i>Sternaspis</i> sp.			13		27	
Syllidae						
<i>Exogone</i> sp.	13				13	
Terebellidae						
<i>Artacama proboscidea</i>	13		53	27	27	40
<i>Laphania boeckii</i>					13	
<i>Laphania boeckii</i>					40	93
<i>Pherusa falcata</i>						27
Trichobranchidae						
<i>Terebellides stroemii</i>						13
Meðalþéttleiki burstaorma	11.493	8.507	7.960	2.000	3.147	5.347
Fjöldi tegunda	18	16	23	15	27	27

Lindýr (Mollusca) fundust á öllum stöðvum (meðalþéttleiki 120–307 dýr/m²) og voru þau í næst mestum þéttleika (2. mynd). Í heildina voru greindar 7 tegundir lindýra, 6 tegundir samloka (Bivalvia) og 1 tegund snigla (Gastropoda). Flestar tegundir lindýra fundust á stöðvum 3 og 6 (5 tegundir). Af einstaka tegundum var gljáhnytla (*Ennucula tenuis*) algengust og í mestum þéttleika á einstaka stöðvum (Tafla 11).

Tvær tegundir krabbadýra fundust og voru þær á stöðvum 5, 3 og 6. Mesti þéttleikinn var af *Eudorella emarginata* pungrækju (Cumacea) á stöð 6.

Af skrápdyrum (Echinodermata) fundust tvær tegundir en hvorug þeirra var algeng. Kambstjarna (*Astropecten irregularis*) af ætt krossfiska (Asteroidea) fannst á stöðvum 3 og 5 og *Ophiura sarsi* af ætt slöngustjarna (Ophiuriodea) fannst á stöð 6 (Tafla 11).

Tafla 11. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingjategunda sem fundust á á sex stöðvum við Bjarg í október 2020.

	Aukin fjarlægð frá kvíum					Viðm. 6
	1	5	3	4	2	
Krabbadýr (Crustacea)						
Pungrækjur (Cumacea)						
<i>Eudorella emarginata</i>		13				40
Marflær (Amphipoda)						
<i>Lysianassidae</i>			13			
Skrápdýr (Echinodermata)						
Krossfiskur (Asteroidea)						
<i>Astropecten irregularis</i>		13	40			
Slöngustjarna (Ophiuridae)						
<i>Ophiura sarsii</i>						13
Lindýr (Mollusca)						
Samlokur (Bivalvia)						
<i>Abra nitida</i>		53	27			13
<i>Ennucula tenuis</i>	107	93	67	107	147	227
<i>Hiatella arctica</i>			13			
<i>Macoma calcarea</i>	13			13		27
<i>Nuculana sp.</i>		27	27			13
<i>Thyasira sp.</i>		13			13	27
Sniglar (Gastropoda)						
<i>Oenopota sp.</i>			13			
Meðalþéttleiki lindýra	120	187	147	120	160	307
Fjöldi tegunda	2	4	5	2	2	5

Misjafnt var hvaða tegundir burstaorma voru í hlutfallslega mestum þéttleika á stöðvunum. Á stöðvum næst kvíum (1 og 5) var *Capitella capitata* ríkjandi tegund (70% og 77%) en á stöð 2, 4 og 6 í 500 – 1.000 m fjarlægð frá kvíum var *Prionospio fallax* ríkjandi með 24%, 25% og 49% hlutdeild af heildarþéttleika hryggleysingja. Fjöldi tegunda/hópa var frá 18 til 34 fæstar voru þær á stöð 5 næst kvíum og á stöð 4 sem var dýpsten flestar tegundir voru á viðmiðunarstöð. Fjölbreytni Shannons (H') var lægst á stöðvum næst kvíum (1 og 5) en mest á stöðvum fjærst kvíum (stöðvum 2 og 6). Mest jafnræði milli tegunda var einnig fjærst kvíum og jafnræðið minnst á stöðvum 1 og 5 þar sem minnsta fjölbreytnin var (Tafla 12). Ástand hryggleysingjafánunnar á mjúkbotni var *gott* eða *mjög gott* á öllum stöðvunum nema einni samkvæmt útreikningum og mati á fjölda tegunda, hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar og fjölbreytni (Shannon H'log2). Á stöð 5 var *slæmt* ástand út frá fjölbreytni (Shannon H'log2) (Tafla 12).

Tafla 12. Yfirlit algengustu tegunda hryggleysingja og hlutfall (%) þeirra af heildarþéttleika hryggleysingja, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ($H' \log_2$) og einsleitnistuðul Pielous J' á sex stöðvum í sniðvöktun við Bjarg í október 2020. 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. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum.

Stöð	Algengasta tegund	Hlutfall (%)	Fjöldi tegunda*	Shannon ($H' \log_2$)	Pielous (J')
1	<i>Capitella capitata</i>	71	20	3	0,8
5	<i>Capitella capitata</i>	77	18	2	0,8
3	<i>Capitella capitata</i>	60	31	3	1,0
4	<i>Prionospio fallax</i>	49	18	4	1,3
2	<i>Prionospio fallax</i>	25	30	5	1,6
6	<i>Prionospio fallax</i>	24	34	5	1,5

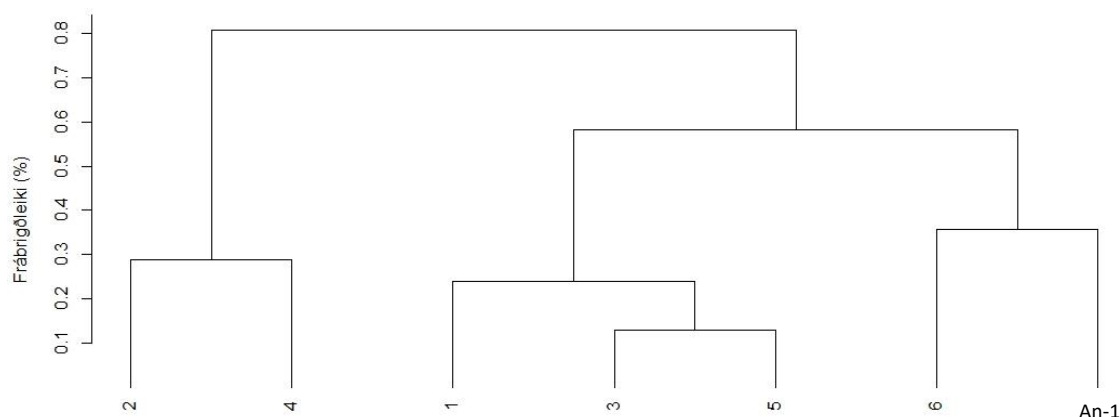
*Að undanskildum þráðormum

3.1.2 Klasagreining við Bjarg fyrir og eftir fiskeldi

Klasagreining með Bray-Curtis skyldleikastuðli á stöðvum við Bjarg sýnir að stöðvar sem voru næst kvíum (1, 5 og 3) voru líkastar með (Bray-Curtis: 76%, 82% og 87% líkar tegundir) og flokkuðust saman á skyldleikatré (4. mynd). Stöðvar 1 og 5 annars vegar og 4 og 5 höfðu ólíkasta tegundasamsetningu (Bray curtis: 20% og 27% líkar tegundir). Viðmiðunarstöð (6) hafði flestar sameiginlegar tegundir með stöðinni sem tekin var áður en fiskeldi hófst (An-1) (64% líkar tegundir) og flokkuðus þær saman á skyldleikatré (4. mynd). Stöðvar fjærst kvíum (2, 4 og 6) deildu 70% og 71% sameiginlegum tegundum (Tafla 13).

Tafla 13. Bray-Curtis skyldleikareikningar eftir að fiskeldi hefst (stöðvar 1–6) og áður en fiskeldi hefst (An-1) við Bjarg.

	Skyldleiki (%)						
	1	2	3	4	5	6	An-1
1	100						
2	31	100					
3	76	49	100				
4	20	71	32	100			
5	83	40	87	27	100		
6	42	70	59	53	50	100	
An-1	44	53	57	37	50	64	100



4. mynd. Klasagreining á botnsýnum við Bjarg í október 2020 (1–6) og bakgrunnsgildum (An-1) árið 2003.

3.2 Vöktun strandsjávar

3.2.1 Næringarefni

Niðurstöður á styrk næringarefna í sjósýnunum við Bjarg var svipaður og viðmiðunargildi frá ómenguðum svæðum á vistsvæði 1 (sjá umfjöllun í kafla 2.2.2). Lítil breytileiki var á styrk nítrats milli stöðva og mældist hann á bilinu 12,95 til 13,14 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Ekki var heldur greinanlegur munur á styrk fosfats milli stöðva m.v. fjarlægð frá kvíum og var hann frá 0,920 til 0,956 $\mu\text{mol L}^{-1}$. Styrkur ammoníaks var frá 0,49 til 1,44 lægst á viðmiðunarstöð (5) fjærst kvíum í Austur en hæst á stöðvum 1 og 5 næst kvíum og var munurinn nær þrefaldur (1. mynd og Tafla 14).

Tafla 14. Styrkur næringarefna (NO_3 , NO_2 , PO_4 og NH_4) og kísils ($\mu\text{mol L}^{-1}$) við Bjarg þann 11. febrúar 2021. Raðað eftir vaxandi fjarlægð frá kvíum

Stöð	Dags	Hnit		NO_3	PO_4	Si	NO_2	NH_4	Hiti°C
		Lat	Long						
1	31.2.2021	64,99941	-13,82158	13,14	0,956	8,22	0,16	1,32	2,20
5		64,99621	-13,81891	12,97	0,947	8,16	0,15	1,44	2,40
4		65,00114	-13,83443	12,97	0,928	8,14	0,18	0,80	2,20
2		65,00350	-13,82500	13,13	0,938	8,14	0,18	1,06	2,20
6		64,98733	-13,80784	12,95	0,920	8,30	0,15	0,49	2,30

3.2.1 Súrefni

Niðurstöður súrefnismælinga á tveimur stöðum við Bjarg sem Hafrannsóknastofnun gerði sýndu að súrefni (mL/L) breyttist lítið niður vatnssúluna á báðum mælistöðvunum. Súrefni á stöð 2, sem var í straumstefnu frá kvíum, mældist frá 6,272 til 6,410 mL/L niður vatnssúluna og 6,547 mL/L við botn (92 m dýpi). Á stöð 1 mældist súrefni 6,462 til 6,504 mL/L og 6,620 mL/L við botn (90 m dýpi). Súrefnismettun mældist frá 90,2% til 92,3% á stöð 2 og

93,0% til 93,5% á stöð 1. (Magnús Danielsen, náttúrufræðingur hjá Hafrannsóknastofnun, tövlupóstur þann 9. desember 2020).

4. Umræður

Mælingar og skynmat í botnseti sýna að uppsöfnun lífrænna leifa er mest næst kvíunum við Bjarg. Hlutfall tegundarinnar *Capitella capitata* var hæst á stöðvum næst kvíum og bendir það til að aðstæður þar séu erfiðar, nema fyrir tegundir sem eru þolnar gagnvart uppsöfnun lífrænna leifa. Tegundin 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, 2013; Dean, 2008). Samkvæmt vistfræðilegum gæðastuðli (AMBI) er *C. Capitata* ein þeirra tegunda sem fær hæstu einkunn þegar tegundir eru flokkaðar í vistfræðilega hópa (e. *ecological group*) út frá mengun ásamt tegundinni *Malacoceros fuliginosus* en hún fannst á stöðvum 1 og 5 næst kvíum (Muxika o.fl., 2005; Rygg o.fl., 2013; Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019). Flokkun botndýra í vistfræðilega hópa hefur ekki farið fram við strendur Íslands (Sólveig R. Ólafsdóttir o.fl., 2019).

Fiskeldið virðist hafa staðbundin áhrif á samfélög hryggleysingja því hlutfall algengustu tegundarinnar minnkaði, fjölbreytni Shannon's ($H' \log_2$) og fjöldi tegunda jókst eftir því sem fjær dró kvíum. Á stöðvum lengra frá var tegundasamsetning hryggleysingja orðin líkari því sem áður hefur verið lýst við Bjarg (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) og ástand á þeim stöðvum *mjög gott* samkvæmt ástandsmati samanborið við *gott* á stöðvum næst kvíum (Molvær, o.fl., 1997; Standard Norge, 2016). Mun færri tegundir fundust árið 2003 samanborið við árið 2020 við Bjarg. Sýnatökustöðvar voru ekki á sama dýpi og sýni ekki tekin á sama tíma og stöðvar því kannski ekki fullkomlega samanburðarhæfar. Áður hefur verið sýnt fram á að fjölbreytni Shannon's ($H' \log_2$) og tegundafjöldi hryggleysingja eykst eftir því sem fjær dregur kvíum við fiskeldissvæði í Reyðarfirði og Berufirði á Austfjörðum. Auk þess sem hlutfall tegundarinnar *C. capitata* er oftast mest í næsta nágrenni (5-25 m) við kvíar (t.d. Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson, 2020; Þorleifur Eiríksson o.fl., 2017). 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) sem er í takt við þessa athugun við Bjarg árið 2021 þar sem rannsóknir á botnseti voru einnig gerðar í mismunandi fjarlægð frá kvíum.

Niðurstöður mælinga á heildar köfnunarefni (TOC_{63}) leiðréttu fyrir kornastærð sýndu að ástandið í botnseti var *gott* samkvæmt norskum mengunarstöðlum (Molvær o.fl., 1997). Samanburður gilda árið 2020 eftir að eldi er hafið og bakgrunnsathugana (Björgvin Harri Bjarnason o.fl., 2002) sýna að nokkur hækkun hefur orðið á þessum gildum en umreiknuð gildi af TOC voru 18,4 til 20,7 mg/g fyrir eldi. Hafa verður í huga að sýnin eru ekki tekin á sama stað og sama tíma.

Styrkur nitrats, fosfórs og kísils var í öllum tilvikum svipuð eða undir viðmiðunum sem sett eru fyrir vetrarstyrk á því vistsvæði sem Bjarg fellur undir (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2019). Athuganir á styrk næringarefna í Reyðarfirði á sama tíma og þessi rannsókn var gerð (febrúar) eru fáar. Flest gildi sem birt hafa verið eru frá öðrum árstímum (maí-nóvember). Styrkur næringarefna í sjó er mjög háður árstíma þar sem upptaka verður á þessum efnum

á vaxtartíma svifþörungum og eru því lægri að vor og sumarlagi en að vetri (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2006). OSPAR (2001) lagði til að næringarefnaálag væri metið út frá vetrargildum þegar þau eru í hámarki. Í leiðangri Hafrannsóknastofnunar árið 1991 mældust vetrargildi í sjónum úti fyrir Austfjörðum (Krossanesnið) 0,9 $\mu\text{mol l}^{-1}$ fyrir fosfat, 13 $\mu\text{mol l}^{-1}$ fyrir níturat og 8 $\mu\text{mol l}^{-1}$ fyrir kísil (Unnsteinn Stefánsson og Jón Ólafsson, 1991) sem er sambærilegt og mældist í þessari rannsókn. Í leiðangri Hafrannsóknastofnunar árið 2002 mældist styrkur þessara næringarefna einnig svipaður og nú (Sólveig R. Ólafsdóttir, 2002). Eftir því sem mælingar á næringarefnum í sjósýnum í Reyðarfirði verða fleiri verður samanburður og túlkun gagna hvað það varðar betri.

Súrefni nálægt eldiskvíunum við Bjarg mældist svipað og áður hefur verið mælt í Reyðarfirði (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl., 2000; Hafrannsóknastofnun Íslands, 2016) sem og svipað og á öðrum stöðum í sama leiðangri 9. nóvember 2020 Hafrannsóknastofnunar í tengslum við endurmat á burðarþoli fjarðarins (Magnús Danielsen, tölvupóstur þann 9. desember 2020). Þeir eðlislægu þættir sem hafa hvað mest áhrif á styrk súrefnis eru hiti og selta sjávarins að vetrarlagi. Leysni súrefnis minnkar með vaxandi hita og seltu (Sólveig R. Ólafsdóttir og Alice Benoit-Cattin, 2018). Ef horft er til leiðbeininga OSPAR samningsins um súrefnisstyrk í sjó þá má geta þess að súrefnisstyrkur yfir 6 mg/L er ekki talinn valda óæskilegum áhrifum (OSPAR, 2013).

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.
- 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 (2020). *Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Bjarg í Reyðarfirði*. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOMB) 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.
- Hafrannsóknastofnun Íslands (2016). *Mat á burðarþoli Reyðarfjarðar m.t.t. sjókvældis*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Hafrannsóknastofnun Íslands (2003). *Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- 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. "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters." *Analytica chimica acta* 27 (1962): 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.
- 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). *Gæðabættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota*. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Sólveig R. Ólafsdóttir & Alice Benoit-Cattin (2018). *Vetrarstyrkur næringarefna og súrefnis í Eyjafirði*. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Sólveig Ólafsdóttir (2003). Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði*. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 93: 17-28.
- Sólveig R. Ólafsdóttir (2006). *Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland*. 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>
- Umhverfisstofnun (2021). *Fyrsta vatnaáætlun Íslands 2022-2027*. Skoðað í apríl 2021 á: <https://ust.is/haf-og-vatn/stjorn-vatnamala/>
- Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson (1991). *Nutrients and fertility of Icelandic waters*. Rit Fiskideildar: XII no.3.
- 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, 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 fiskeldi eh Dags: 07. 10.2020

Gátlisti B.1

Staðsetning: Bjarg Sýnatoka við hámark lífmassa 6.600 tonn

Flokkur	Breyta	Stig	Númer sýnis						Stuðull
			1	2	3	4	5	6	
Botngerð: Mjúk (M), Hörð (H)			M	M	M	M	M	M	
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0	0	0	1
			Á						
II	pH	Mælt gildi	7,85	7,93	7,83	7,81	7,85	7,89	
	Eh (mV)	Mælt gildi	-166	-88	-98	-105	-180	-100	
		viðm.gildi*	218	218	218	218	218	218	
pH/Eh	skv. mynd D.1**	1	0	0	0	1	0	0,3	
Ástand sýnis:			2	1	1	1	2	1	
Ástand flokks II:			1						
			Hiti buffera (°C): 6,0			Hiti í sjó (°C): 6,5			
			pH í sjó: 8,38			Eh í sjó: 88,6			
Gasbólur	Já = 4								
	Nei = 0	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		0		
	Vottur = 2						2		
	Sterk = 4								
Áferð	Þétt=0		0	0	0		0		
	Mjúk=2	2					2		
	Laus = 4								
Rúmmál greipar	< 1/4 = 0						0		
	1/4 - 3/4 = 1		1	1			1	1	
	> 3/4 = 2	2				2			
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0	0	0	0	0	0	0	
	2 cm - 8 cm = 1								
	> 8 cm = 2								
Samtals =			6	1	1	2	7	1	
Gildi margfaldað með 0,22			1,3	0,2	0,2	0,4	1,5	0,2	0,7
Ástand sýnis			2	1	1	1	2	1	
Ástand flokks III			1						
Meðaltal flokka II og III			1,1	0,1	0,1	0,2	1,3	0,1	0,5
Ástand sýna			2	1	1	1	2	1	
pH/Eh	Leiðréttingar summa Index	Meðaltal	Einkunn		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 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).

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

	An-1
Burstaormar (Polychaeta)	Fjöldi/m ²
<i>Chaetozone setosa</i>	692
<i>Cossura longocirrata</i>	1228
<i>Lumbrineris fragilis</i>	268
<i>Maldane sarsi</i>	2988
<i>Myriochele obculata</i>	108
<i>Nephtys sp.</i>	28
<i>Prionospio steenstrupi</i>	640
<i>Scoloplos armiger</i>	108
<i>Syllidae</i>	160
Krabbadýr (Crustacea)	
<i>Eudorella emarginata</i>	108
<i>Hyas araneus</i>	108
<i>Ostracoda</i>	52
<i>Amphipoda</i>	52
Skrápdýr (Echinodermata)	
<i>Ctenodiscus crispatus</i>	12
Lindýr (Mollusca)	
Samlokur (Bivalvia) ungvíði	428
<i>Yoldia hyperborea</i>	52
Mytillidae	108

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

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