

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

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

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

Efnisyfirlit

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

Myndaskrá

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

Töfluskrá

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

1. Inngangur

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

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

2. Staðhættir

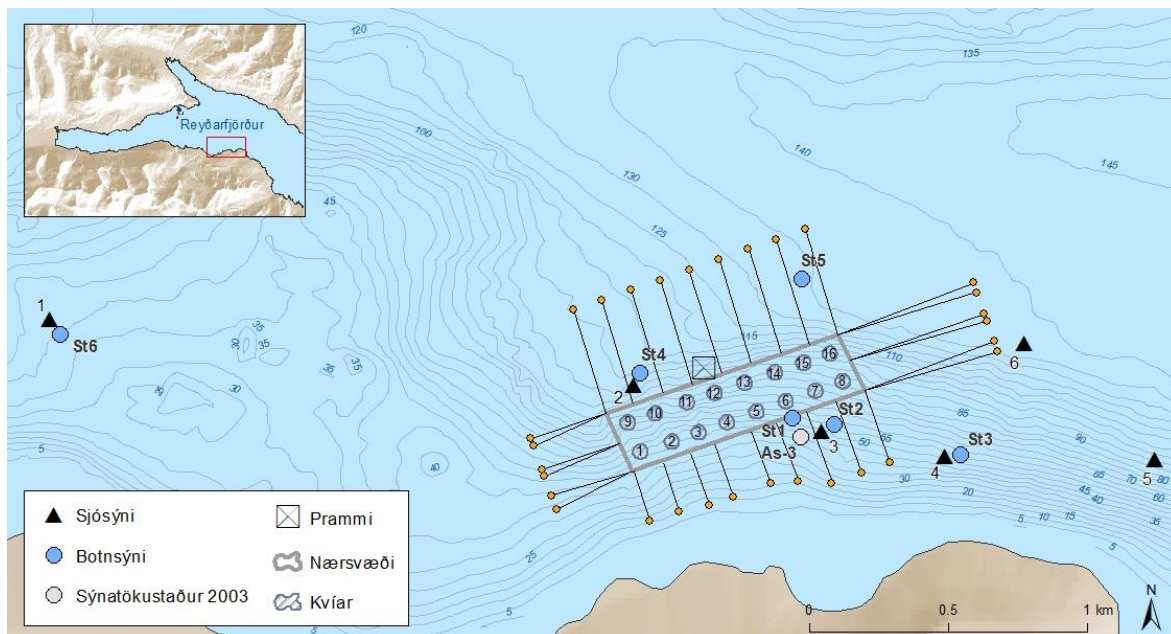
Önnur kynslóð laxfiska var sett út við Gripalda frá júní til ágúst 2020 og hafði verið í svæðinu í rúmlega 12 mánuði þegar sýnataka fór fram. Við sýnatöku var lífmassi 5.171 tonn og fóðrunin var yfir 30 tonn á dag (Atli Sigurðarson, stöðvarstjóri hjá Löxum, tölvupóstur þann 7. september 2021). Kvíastæðið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

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

3. Aðferðir

a. Vöktun lífríkis á sjávarbotni

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



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

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

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

2.1.1 Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets út frá mælingum og skynmati

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

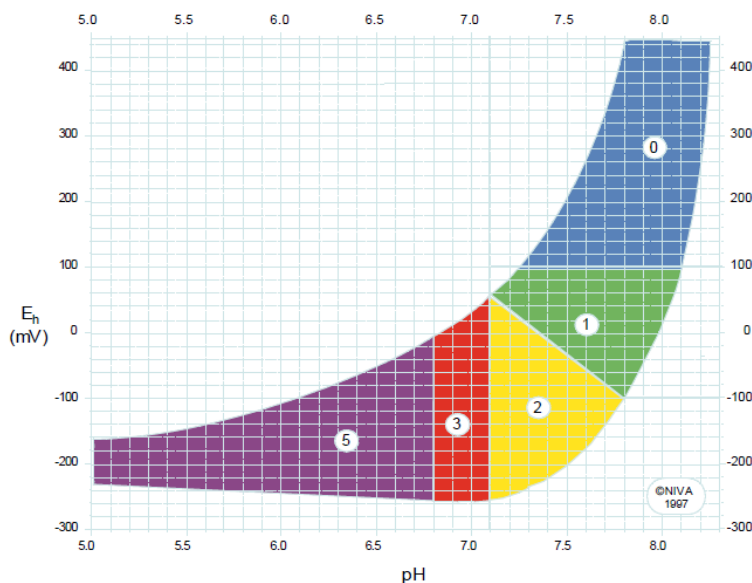
Flokkur I, tilvist dýra: þar er skráð hvort dýr eru til staðar= 0 eða ekki=1. Ef dýr sjást í meira en helmingi sýna er ástandið ásættanlegt (<0,5) en ef engin dýr eru í meira en helmingi sýna er ástandið óásættanlegt (>0,5) (Tafla 1).

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

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

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

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



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

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

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

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

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

2.1.2 Viðmiðunarmörk fyrir ástand út frá hryggleysingjafánu á mjúkbotni

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

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

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

Til að meta ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni var stuðst við norsk viðmið (Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 4) þar sem ekki er búið að móta slík viðmið hér á landi. Einnig var horft til viðmiðunaraðstæðna fyrir fjölbreytni botnlægra hryggleysingja við Ísland (Agnes Eydal o.fl., 2014). Ef Shannon Wiener ($H', \log 2$) er 4 eða hærri þá er talið að ástand botns endurspegli gildi sem má finna á óröskuðum svæðum.

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

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

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

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

		1	2	3	4	5
		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

b. Vöktun strandsjávar

2.2.1 Næringarefni

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

2.2.2 Viðmiðunarmörk fyrir vetrarstyrk næringarefna

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

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

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

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

2.3 Töluleg úrvinnsla

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4. Niðurstöður

3.1 Vöktun lífríkis á sjávarbotni

3.1.1 Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti

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

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

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

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

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

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

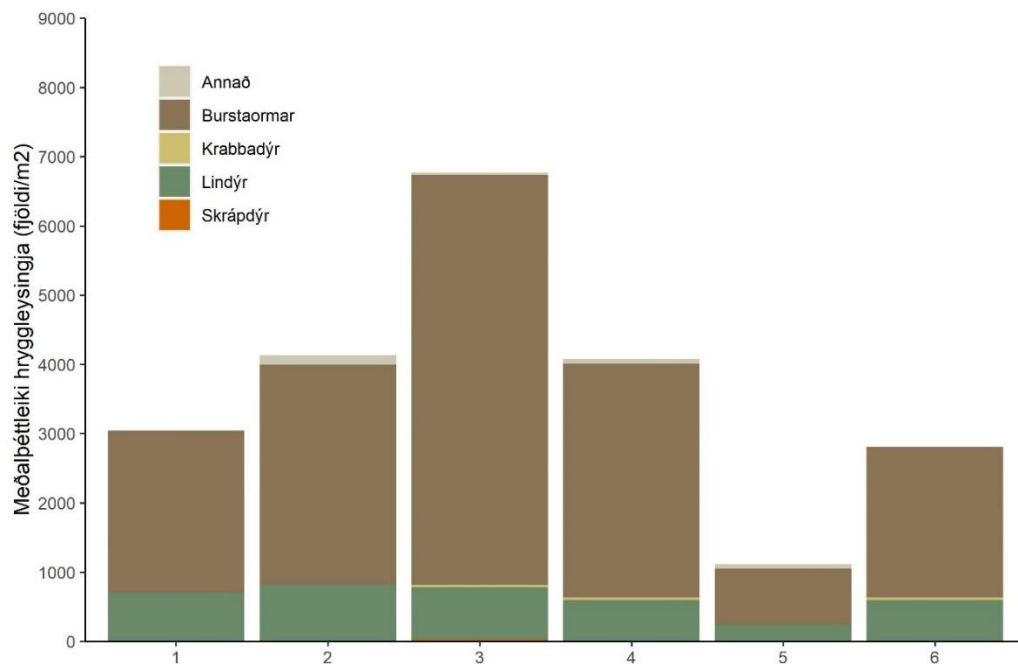
Stöð	Fjarl. frá kví	pH	Redox	TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	TN mg/g
1	25	7,55	214,1	10	25,1	15	4,72	0,90
2	55	7,73	68,0	7	8,4	8	4,38	0,72
3	500	7,45	327,4	8	16,7	11	4,44	0,93
4	200	7,29	103,6	8	19,1	12	4,64	0,77
5	55	EM	124,5	16	31,2	22	8,61	2,00
6	1000	7,33	116,9	15	41,9	22	6,75	1,00

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

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

3.1.2 Botnhryggleysingjar

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



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

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

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

Tafla 9. framh.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

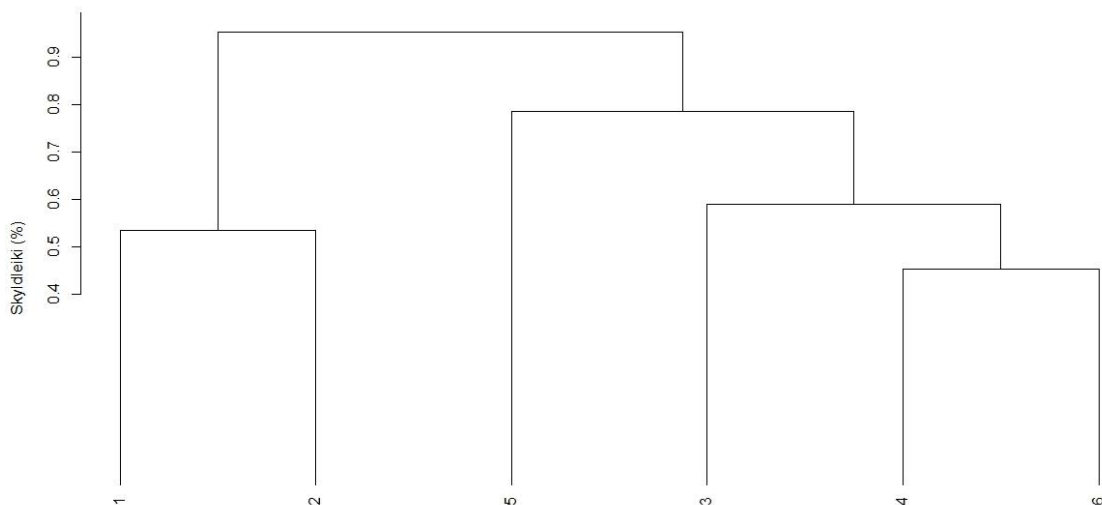
*Að undanskildum þráðormum

3.1.2 Vísitala skyldleika og klasagreining

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

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

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



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

3.2 Vöktun strandsjávar

3.2.1 Næringarefni

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

3.2.2 Súrefni

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

5. Umræður

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

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

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

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

6. Heimildir

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

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

Viðauki I. Gátlisti – MOM C, B1

Fyrirtæki: Laxar Dags: 12.10.2021
 Staðsetning: Griपालdi hámark MOMC

Gátlisti B.1

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

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

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

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

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

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

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

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

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