

Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa
á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði
Niðurstöður sniðvöktunar (MOM-C)

Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		Egilsstaðir ✓ Neskaupstaður
Skýrsla nr: NA-200196	Dags (mánuður, ár): Mars 2020	Dreifing: Lokuð
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði Niðurstöður sniðvöktunar (MOM-C)		Upplag: 3 Síðufjöldi: 25 Fjöldi korta: Fjöldi viðauka: 3
Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson		
Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf.		
Útdráttur: <p>Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti innan nærsvæðis fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús 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 fjórum stöðum á sniði í 25 til 500 m fjarlægð frá kví. Fjögur sýni voru tekin á hverjum stað. Á öllum staðsetningum voru mælingar á redox gildum og pH gerðar 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>. Auk þess var eitt sýni tekið á hverri staðsetningu í sniðvöktun til efnagreininga á lífrænu kolefni, heildarmagni köfnunarefnis, og heildarmagni lífrænna leifa.</p> <p>Niðurstöður mælinga og skynmats sniðvöktunarinnar sýndu að ástand botnsets var <i>gott</i> á stöð næst kvíum (25 m) en <i>mjög gott</i> á öðrum stöðvum fjær kvíum (55–500m). 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 svipaður á öllum stöðvum nema á dýpstu stöðinni þar sem hann var minnstur. Tegundasamsetning hryggleysingjafánunnar næst kvíum bar þess merki að um uppsöfnun lífrænna leifa væri að ræða. Tegundafjölbreytni reyndist einnig lægst næst kvíunum en jókst um meira en helming þegar komið var í um 55 m fjarlægð frá þeirri stöð. Niðurstöðurnar sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa virtist vera staðbundin og var hryggleysingjafánan í sýnum sem tekin voru lengra frá kvíum (100–500m). Lík því sem fram komu í bakgrunnsrannsóknum.</p>		
Lykilorð: Sigmundarhús, hámark lífmassa, vöktun, nærsvæði, snið, botnset, sýni		ISSN nr: ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa)
Yfirfarið: KÁ		ISBN nr: 978-9935-9500-9-33 (rafræn útgáfa)

Efnisyfirlit

Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	4
Inngangur	5
Aðferðir.....	5
Sýnataka	5
Útreikningar á redox gildum	6
Töluleg úrvinnsla.....	8
Niðurstöður	9
<i>Lýsing á botnsýnum og mælingar í seti</i>	9
<i>Botnhryggleysingjar</i>	11
<i>Tegundasamsetning botnhryggleysingja fyrir og eftir fiskeldi við Sigmundarhús.....</i>	15
Umræður	17
Þakkir	17
Heimildir	18

Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Sigmundahús í Reyðarfirði. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni)..... 6
2. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m² á hverri stöð (T1–T4) við Sigmundarhús í september 2019..... 11
3. mynd. Skyldleikatré stöðva við Sigmundarhús í september 2019 og í apríl 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003)..... 16

Töfluskrá

- Tafla 1. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda og hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016)..... 7
- Tafla 2. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni (Shannon Wiener, H'log2) (tafla endurgerð úr Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018)..... 8
- Tafla 3. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis leiðrétt fyrir kornastærð sýnis (Iversen & Sandøy, 2018). 8
- Tafla 4. Hnit og lýsing á fjórum botnsýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús 3. september 2019..... 10
- Tafla 5. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum ($E_{mælt}$), heildar köfnunarefni (TN % af þurrvigti), heildarmagni lífræns kolefnis (TOC % af þurrvigti) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI % af þurrvigti) í fjórum setsýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús þann 3. september 2019. Auk þess er gefið upp gildi ($E_{ref.pot}$) sem fylgir með redox-nemanum (Thermo Fisher Scientific inc., 2007) og þarf að bæta við mælda redox-gildið og er sú tala háð hita í setinu. Litir vísa til ástands botnsets út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018), mjög gott= blátt, grænt=gott. 10
- Tafla 6. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaormategunda á fjórum stöðvum (T1–T4) við Sigmundarhús í september 2019. 12
- Tafla 7. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingjategunda sem fundust á fjórum stöðvum við hámark lífmassa við Sigmundarhús í september 2019. .. 14
- Tafla 8. Yfirlit yfir algengustu tegund hryggleysingja og hlutfall (%) hennar af heildarþéttleika hryggleysingja, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull (H'log2) og einsleitnistuðul Pielous J' á fjórum stöðvum í sniðvöktun við Sigmundarhús í september 2019. Litir vísa til ástands hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá norskum stöðlum (Standard Norge, 2016; Molvær o.fl., 1997): Mjög gott= blátt, grænt=gott, appelsínugult=slæmt..... 15
- Tafla 9. Bray-Curtis skyldleikareikningar áður en fiskeldi hefst (stöðvar I–V) og eftir að fiskeldi hefst (stöðvar T1–T4) við Sigmundarhús. 16

Inngangur

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOM-B) fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús í Reyðarfirði 29. ágúst og 3. september við hámark lífmassa. Fiskur hafði þá verið í kvíum á svæðinu síðan 18. maí 2018, eða í 15 mánuði, og var lífmassi um 5.200 tonn í 11 kvíum þegar sýnataka fór fram (1. mynd). Slátrun úr kvíum af svæðinu hófst um miðjan september og er stefnt að því að slátrun ljúki fyrir lok maí 2020 og fer svæðið þá í hvíld (Kristján Ingimarsson, tölvupóstur, 30. september 2019). Niðurstöður nærsvæðis rannsókna (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2019) 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 3. september 2019.

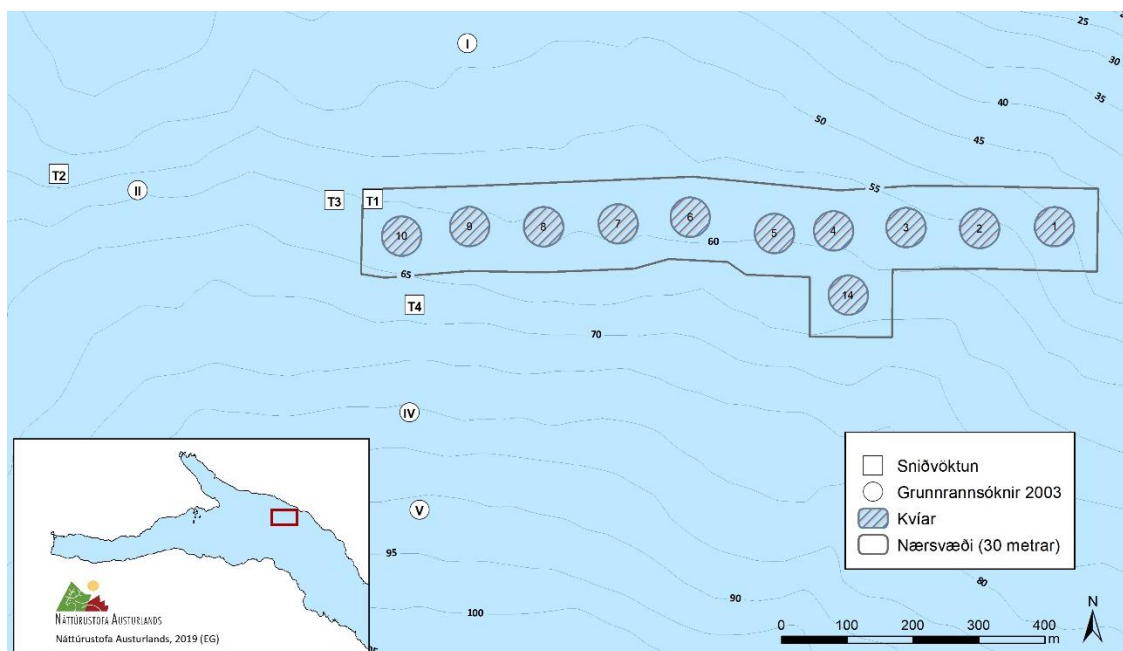
Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum á tegundagreiningu hryggleysingja á sniði (MOM-C) ásamt mælingum og skynmati á sömu stöðvum. Niðurstöður á tegundasamsetningu hryggleysingja eru jafnframt bornar saman við grunnrannsóknir sem fóru fram við Sigmundarhús árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) viðauki II.

Farið var í sýnatökur á bátnum Sögu í eigu Laxar fiskeldis og var veður gott, nánast logn og úrkomulaust.

Aðferðir

Sýnataka

Botnsýni í sniðvöktun (MOM-C) voru tekin á fjórum stöðvum út frá nærsvæði eldissvæðisins við Sigmundarhús. Staðsetningar stöðva voru í 25 m, 55 m, 100 m og 500 m fjarlægð frá kvíum (1. mynd). 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 snjövöktun (T1–T4) við Sigmundahús í Reyðarfirði í september 2019 og sýnatökustöðvar í grunnrannsókn í ágúst árið 2003 (I–V). (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). Sýnatökustaður III er ekki sýndur á korti vegna misræmis í staðsetningu og dýpi (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 efnagreiningar. Dýpi var skráð af bát 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 sýnadollum. 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 geymd þar til dýr voru talin og þau greind í tegundir/hópa. Í nokkrum tilfellum var fjöldi dýra í sýnum það mikill að aðeins var greindur hluti dýra (1/2) úr þeim.

Í einu sýni á hverri stöð var oxunarmáttur (**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) myndist 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.

Útreikningar á redox gildum og viðmiðunarmörk í botnseti

Redox mælingar í botnseti gefa upplýsingar um ástand sets og mæla oxunarmátt þess (oxunar-afoxunarspennu). Til að fá rétt redox gildi þarf 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).

Uppsöfnun lífrænna leifa hefur neikvæð áhrif á lífríki undir kvíum. Eftir því sem lífræn uppsöfnun eykst því minni verður oxunarmátturinn í setinu og redox og pH gildi mælast lægri. Redox gildi (umreiknuð, E_{SHE}) hærra en +100 mV teljast bakgrunnsgildi og endurspeglar eðlilegt ástand sets. Gildi á bilinu +100 til -50 mV gefa vísbendingu um að hnignun sé á ástandi sets. Gildi á bilinu -50 til -150 mV gefa til kynna að þó nokkur uppsöfnun sé á lífrænum leifum og aðstæður ekki góðar nema fyrir þær lífverur sem eru mjög þolnar gagnvart lífrænum leifum. Þegar gildi mælast lægri en -150 mV eru aðstæður orðnar súrefnisfirrtar og ólífvænlegar fyrir flest dýr (Hargarve o.fl. 2008; Zettler o.fl., 2007; Wildish o.fl. 2001; Brooks o.fl. 2003).

Viðmiðunarmörk fyrir ástand sets og hryggleysingjafánu á mjúkbotni

Allar niðurstöður voru skráðar í staðlaðan gátlista¹ (sjá viðauka II) og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi. Gildi allra mældra þátta og skynmats voru lögð saman og svæðið fékk ákveðna einkunn skv. staðli sem ákvarðaði ástand þess. Ástandsflokkarnir eru fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4 = mjög slæmt (Standard Norge, 2016). Við mat á ástandi í sniðvöktun út frá hryggleysingjum er horft til þéttleika hryggleysingja (fjöldi/m²), fjölda tegunda og hlutfallslegan þéttleika einstakra tegunda og eru ástandsflokkarnir einnig fjórir: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4 = mjög slæmt (Tafla 1) (Standard Norge, 2016).

Tafla 1. 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 2). 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.

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

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).

	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 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 3). Gildin eru fengin með formúlunni: $TOC_{63} = TOC_{mg/g} + 18 * (1 - P < 63 \mu m)$.

Tafla 3. 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

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' fjölbreytileika stuðli (Magurran, 2004) og einsleitnistuðli Pielou's J' . Þráðormum (Nematoda) var sleppt við útreikninga á fjölbreytni og jafnræði (Staðlaráð Íslands, 2016).

Shannon-Wiener fjölbreytni stuðull H' :

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

þar sem s = fjöldi tegunda, p_i = hlutfeld 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 Pielous J' :

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

Fjarlægðagreining (Bray-curtis) var notuð til að kanna hversu líkar stöðvar voru hvað varðar tegundasamsetningu hryggleysingja í þessari sýnatöku samanborið við stöðvar í grunnrannsóknunum ársins 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003). 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. Áður en fjarlægðagreiningu var beitt á gögnin voru burstaormar sameinaðir í ættir og nokkrar lindýrategundir sameinaðar í ættkvíslir til að auðvelda samanburð.

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

Niðurstöður

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 T1, sem er í 25 m fjarlægð frá kví 10, sem fékk verstu einkunn í nærsvæðis vöktun, fékk tvo í einkunn sem telst *gott* en önnur sýni sem voru í meiri fjarlægð (55–500 m) fengu 1 sem telst *mjög gott* ástand og var heildareinkunn sniðvöktunarinnar *mjög gott* (Viðauki I). Dýpi sýnatökustöðva í sniðvöktun (MOM-C) var 54–70 m, grynnt á sýnatökustað T2 en dýpst á sýnatökustað T4. Setgerð á botni reyndist leir á öllum stöðvum. Lykt af brennisteinsvetni (H_2S) fannst af sýni T1 í sniðvöktun en engin lykt fannst af sýnum T2, T3 og T4 (Tafla 4).

Tafla 4. Hnit og lýsing á fjórum botnsýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús 3. september 2019.

Stöðvar	Hnit		Dýpi	Lykt af H ₂ S	Setgerð	Litur og áferð
	Lat	Long				
T1	65,03377	-13,90291	61	Vottur	Leir	Brún/svört, mjúk
T3	65,03381	-13,90416	61	Engin	Leir	Brún/svört, þétt
T2	65,03446	-13,91294	54	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt
T4	65,03230	-13,90184	69	Engin	Leir	Ljós/grá, þétt

Gildi pH mældist á bilinu 7,18 til 7,42 og redox-gildi á bilinu -26 til 188 mV. Tvö sýni, T2 og T4 mældust með gildi hærri en 100 mV og teljast því til bakgrunnsgilda. Tvö sýni, T1 og T3 mældust með gildi sem gefa vísbendingu um að hnignun sé í setinu. Þessi sýni voru næst kvíum. Lægsta gildið mældist á sýnatökustað T1, sem en næst kví (í 25 m fjarlægð frá kví 10) en hæsta gildið á sýnatöku stað T2 sem er fjærst kvíunum (í 500 m fjarlægð frá kví 10) (tafla 5).

Lífrænt kolefni (TOC) var hæst á stöð T1 sem var næst kvíum eða 14 mg/g af þurrefni og lægst á dýpstu stöðinni (T4) 10 mg/g. Heildar lífrænt kolefni leiðrétt fyrir kornastærð (nTOC) var frá 17–22 mg/g og var ástand botnsets mjög gott á öllum stöðvum nema T1 sem það var gott miðað við norska staðla (Iversen & Sandøy, 2018). Heildarmagn köfnunarefnis (TN) í seti var 0,2 og 0,1 % af þurrefni og heildarmagn lífrænna leifa (LOI) var frá 4,7–5,3 % af þurrefni (Tafla 5).

Tafla 5. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH), redox gildum ($E_{mælt}$), heildar köfnunarefni (TN % af þurrvig), heildarmagn lífræns kolefnis (TOC % af þurrvig) og heildarmagn lífrænna leifa (LOI % af þurrvig) í fjórum setsýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús þann 3. september 2019. Auk þess er gefið upp gildi ($E_{ref.pot}$) sem fylgir með redox-nemanum (Thermo Fisher Scientific inc., 2007) og þarf að bæta við mælda redox-gildið og er sú tala háð hita í setinu. Litir vísa til ástands botnsets út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018), mjög gott= blátt, grænt=gott.

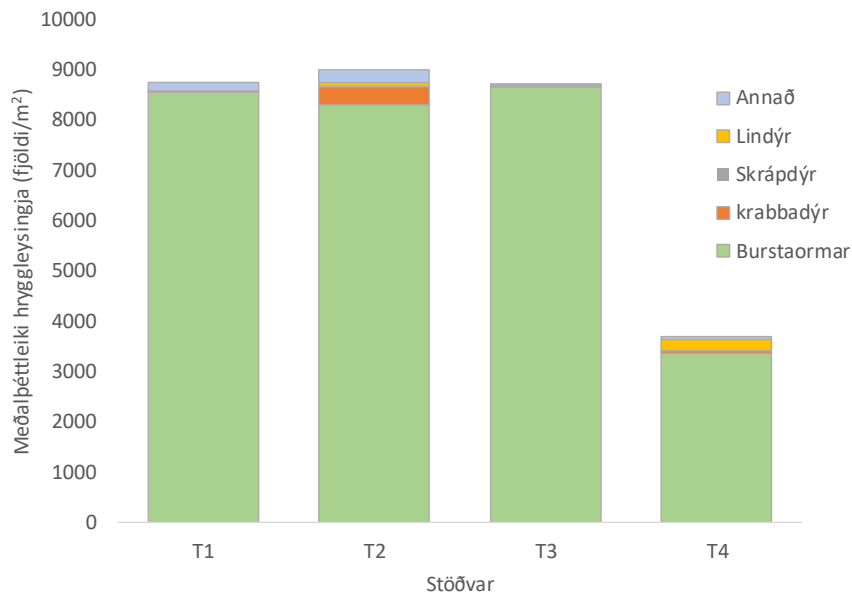
Stöðvar	Fjarl. frá kví	pH	Redox (mV)			TOC mg/g	Kornastærð (% <63 µm)	nTOC* mg/g	LOI (%)	C/N (%)	TN (%)
			Mælt gildi ($E_{mælt}$)	Uppgefið gildi ($E_{ref.pot}$)	Umreiknuð gildi (E_{SHE})						
T1	25	7,42	-244,3	218	-26	14	53,1	22	5,3	8,9	0,2
T2	500	7,36	-29,6	218	188	12	58,7	19	5,3	8,3	0,1
T3	55	7,18	-172,0	218	46	11	54,4	19	4,7	8,7	0,1
T4	100	7,26	-55,7	218	162	10	62,7	17	4,9	8,2	0,1

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

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

Botnhryggleysingjar

Meðalþéttleiki hryggleysingja var frá 3.693 til 9.000 dýr á fermetra. Flest voru dýrin á stöð T2 (fjærst kvíum) og fæst á dýpstu stöðinni (T4) sem var í 100 m fjarlægð frá kvíum (2. mynd). Burstaormar (Polychaeta) var sá hryggleysingjahópur sem var ríkjandi á botni á öllum stöðvum og var meðalþéttleiki þeirra frá 3.360 til 8.547 ormar á m² og nam hlutdeild þeirra frá 91%–99% af heildarþéttleika hryggleysingja á stöð (2. mynd og Tafla 6). Þeir voru jafnframt tegundaríkasti hryggleysingjahópurinn á öllum stöðvum, en alls voru greindar 39 tegundir/hópar burstaorma af 27 ættum. Fæstar tegundir burstaorma fundust á stöð T1 (11 tegundir) en flestar voru þær á stöð T2 (26 tegundir/hópar) (Tafla 7).



2. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingjahópa á m² á hverri stöð (T1–T4) við Sigmundarhús í september 2019.

Tafla 6. Yfirlit yfir meðalþéttleika burstaormategunda á fjórum stöðvum (T1–T4) við Sigmundarhús í september 2019.

Ætt/tegund	Stöðvar			
	T1 dýr/m ²	T2 dýr/m ²	T3 dýr/m ²	T4 dýr/m ²
Burstaormar (Polychaeta)				
Ampharetidae		27	40	40
<i>Sabellides borealis</i>			53	53
Capitellidae				
<i>Capitella capitata</i>	8120	27	5533	
<i>Mediomastus fragilis</i>	13	13	40	13
Cirrulidae				
<i>Chaetozone setosa</i>		187	253	133
Cossuridae				
<i>Cossura longocirrata</i>	27	13	93	13
Sabellidae				
<i>Euchone papillosa</i>			427	333
Syllidae				
<i>Exogone cf. verugera</i>	13	387	147	200
Oweniidae				
<i>Owenia fusiformis</i>		440	240	240
<i>Galathowenia oculata</i>		840	227	280
Sabellidae				
<i>Laonome kroyeri</i>			27	160
Terebellidae				
<i>Artacama proboscidea</i>				13
<i>Laphania boeckii</i>				120
<i>Pectinaria belgica</i> cf.				27
<i>Pherusa falcata</i>		27		
Paraonidae				
<i>Levinsenia gracilis</i>		773		
Maldanidae				
<i>Maldane sarsi</i>		4333	733	240
<i>Praxillella gracilis</i>	13			
<i>Praxillella</i> sp		40	13	
<i>Nicomache lumbricalis</i>		27		
<i>Nicomache</i> sp.		13	13	13
Nephtyidae				
<i>Nephtys</i> sp.		67	67	67
Hesionidae				
<i>Nereimyra punctata</i> cf.	13			
Opheliidae				
<i>Ophelina acuminata</i>		53	27	13
Dorvilleidae				
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	107		107	
<i>Parougia nigridentata</i>	147	27	93	
Pholoidae				
<i>Pholoe</i> sp.		93	67	
Phyllodoceidae				
<i>Phyllodoce maculata</i>	13			
Spionidae				
<i>Polydora</i> spp.				67
<i>Prionospio fallax</i>		360	213	840
<i>Spio</i> sp.	13			13
Polynoidae				13
Scalibregmatidae				
<i>Polyphysia crassa</i>		27		
<i>Scalibregma inflatum</i>		13		
Lumbrineridae				
<i>Scoletoma fragilis</i>		40		13
Orbiniidae				
<i>Scoloplos armiger</i>		320	213	347
Sphaerodoridae		67		
Sternaspidae				
<i>Sternaspis scutata</i>		67		13
Syllidae	67	13	27	93
Meðalþéttleiki burstaorma	8547	8293	8653	3360
Fjöldi tegunda	11	26	22	25

Lindýr (Mollusca) fundust á öllum stöðvum og voru alls staðar í næst mestum þéttleika (meðalþéttleiki 13–227 dýr/m²) nema á stöð T2 þar sem krabbadýr (Crustacea) voru í næst mestum þéttleika (360 dýr/m²) (2. mynd). Krabbadýr fundust auk þess á stöð T4 en ekki á stöðvum T1 og T3. Í heildina voru greindar 7 tegundir lindýra, 6 tegundir samloka (Bivalvia) og 1 tegund snigla (Gastropoda). Flestar tegundir lindýra fundust á stöðvum T2 og T4 (4 tegundir) en einungis ein tegund fannst á stöðvum T1 og T3. Af einstaka tegundum var mestur þéttleiki af gljáhnytlu (*Ennucula tenuis*) (160 einst/m²) og var hlutfallslegur þéttleiki hennar 4% á stöð T4, sem var jafnframt eina stöðin sem hún fannst á. Trönuskel (*Nuculana pernula*) fannst á öllum stöðvum nema stöð T1 (Tafla 7).

Fjórar tegundir krabbadýra fundust og voru allar tegundirnar á stöð T2 og 3 tegundir á stöð T4. Engin krabbadýr fundust hins vegar á stöðvum T1 og T3. Pungrækjur (Cumacea) voru algengustu krabbadýrin og voru *Dastylis* sp. og *Eudorella emarginata* algengustu tegundirnar.

Af skrápdýrum (Echinodermata) fundust tvær tegundir en hvorug þeirra var algeng. Kambstjarna (*Astropecten irregularis*) af ætt krossfiska (Asteroidea) fannst á stöðvum T3 og T4 og *Ophiura* cf. *albida* af ætt slöngustjarna (Ophiuroidea) fannst á stöð T2.

Á stöðvum T2 og T4 fundust sæbelgir (Sipunculidae) en þeir voru í litlum þéttleika. Þráðormar (Nematoda) voru á öllum stöðvum og ánar (Oligochaeta) á tveimur stöðvum (T1 og T2) en þeir voru ekki greindir til tegunda (Tafla 7).

Tafla 7. Meðalþéttleiki lindýra, krabbadýra, skrápdýra og annarra hryggleysingjategunda sem fundust á fjórum stöðvum við hámark lífmassa við Sigmundarhús í september 2019.

Ætt/tegund	Stöðvar			
	T1 dýr/m ²	T2 dýr/m ²	T3 dýr/m ²	T4 dýr/m ²
Lindýr (Mollusca)				
Samlokur (Bivalvia)				
<i>Abra nitida</i>				27
<i>Astarte crenata</i>		27		
<i>Ennucula tenuis</i>				160
<i>Nuculana pernula</i>		13	13	13
<i>Parvicardium minimum</i>		13		
<i>Nuculana</i> sp.		13		27
Sniglar (Gastropoda)				
<i>Lacuna pallidula</i>	40			
Meðalþéttleiki lindýra	40	67	13	227
Fjöldi tegunda	1	4	1	4
Krabbadýr (Crustacea)				
Marflær (Amphipoda)				
Oedicerodidae		80		13
Pungrækjur (Cumacea)				
<i>Diastylis</i> sp.		120		
<i>Eudorella emarginata</i>		120		13
<i>Leucon nasica</i>		40		13
Meðalþéttleiki krabbadýra		360		40
Fjöldi tegunda		4		3
Skrápdýr (Echinodermata)				
Krossfiskur (Asteroidea)				
<i>Astropecten irregularis</i>			13	13
Slöngustjarna (Aseroidea)				
<i>Ophiura</i> cf. <i>albida</i>		13		
Meðalþéttleiki skrápdýra		13	13	13
Fjöldi tegunda		1	1	1
Aðrir hryggleysingjar				
Sæbelgir (Sipunculidae)		13		13
Þráðormar (Nematoda)	133	227	27	40
Ánar (Oligochaeta)	27	27		

Misjafnt var hvaða tegundir burstaorma voru í hlutfallslega mestum þéttleika á stöðvunum. Á stöðvum næst kvíum (T1 og T3) var *Capitella capitata* ríkjandi tegund (93% og 64%) en á stöð T2 (fjærst kvíum) var *Maldane sarsi* ríkjandi (48%) en *Prionospio fallax* var ríkjandi á stöð T4 (23%). Fjöldi tegunda/hópa var frá 13 til 37 (14 til 38 með þráðormum), fæstar voru þær á stöð T1 næst kvíum en flestar tegundir voru á stöð T2 fjærst kvíum. Fjölbreytni Shannons (H') var einnig lægst á stöð T1 (0,73) en hæst á dýpstu stöðinni (T4, 5,99). Mest jafnræði milli tegunda var einnig á stöð T4 (0,79) þar sem fjölbreytnin var mest og að sama skapi var jafnræðið minnst á stöð T1 (0,16) þar sem minnsta fjölbreytnin var (Tafla 8). Ástand hryggleysingjafánunnar á mjúkbolti var í heildina mjög gott á stöðvum T2 og T4 út frá útreikningum og mati á fjölda tegunda, hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar og fjölbreytni (Shannon H'log2) en slæmt ástand var á stöð T1 út frá hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar og fjölbreytni en ástandið var gott hvað varðar fjölda tegunda. Á stöð T3 var ástandið mjög gott hvað varðar hlutfall (%) algengustu tegundarinnar og gott hvað varðar fjölbreytni (Tafla 8).

Tafla 8. Yfirlit yfir algengustu tegund hryggleysingja og hlutfall (%) hennar af heildarþéttleika hryggleysingja, fjölda tegunda, Shannon's fjölbreytnistuðull ($H' \log 2$) og einsleitnistuðul Pielous J' á fjórum stöðvum í sniðvöktun við Sigmundarhús í september 2019. Litir vísa til ástands hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá norskum stöðlum (Standard Norge, 2016; Molvær o.fl., 1997): Mjög gott= blátt, grænt=gott, appelsínugult=slæmt.

Stöð	Algengasta tegund	hlutfall (%)	Fjöldi tegunda*	Shannon ($H' \log 2$)	Pielous (J')
T1	<i>Capitella capitata</i>	93	13	1	0,16
T2	<i>Maldane sarsi</i>	48	35	4	0,58
T3	<i>Capitella capitata</i>	64	24	3	0,50
T4	<i>Prionospio fallax</i>	23	33	6	0,79

*Að undanskildum þráðormum

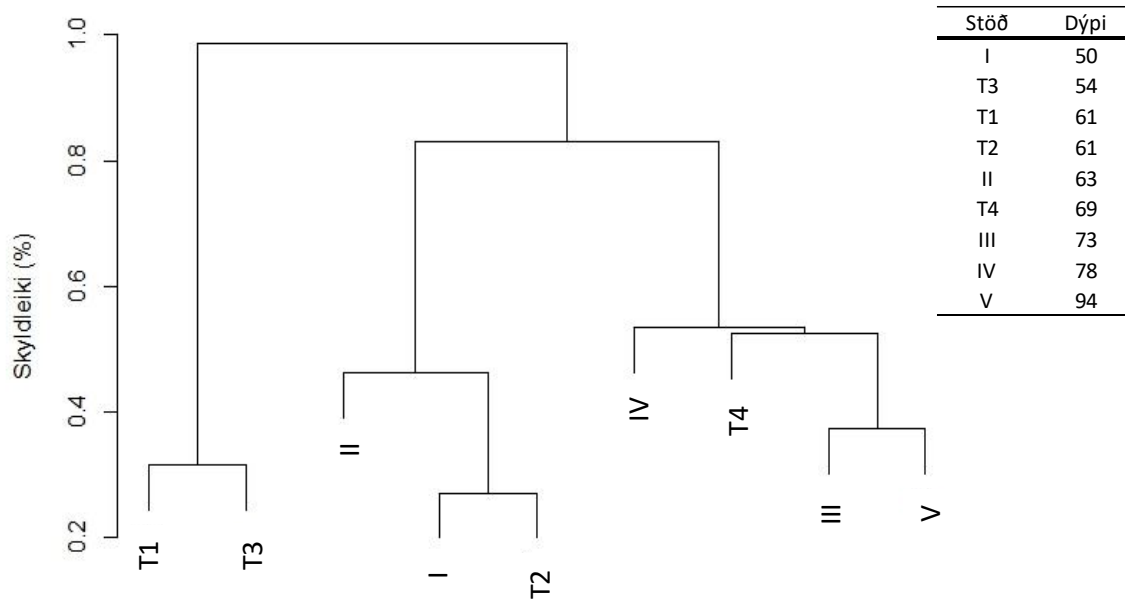
Tegundasamsetning botnhryggleysingja fyrir og eftir fiskeldi við Sigmundarhús

Bray-curtis skyldleikareikningur milli stöðva (I–V) við Sigmundarhús fyrir fiskeldi (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003) sýndi að tegundasamsetning var ólíkust milli stöðvar II og stöðva IV og V (19% og 25% líkar tegundir) líkust var hún milli stöðvar III og V (Bray curtis: 63% líkar tegundir) (Tafla 9). Samanburður á Bray curtis skyldleika milli stöðva eftir eldi (T1–T4) sýnir að stöð T1 sem er næst kvíum sker sig frá stöðvum fjær kvíum (T2 og T4) með nær enga sameiginlega tegund (Bray curtis: 2% líkar tegundir). Stöð T3 er líkust stöð T1 (Bray curtis: 68% líkar tegundir) og flokkast þær saman á skyldleikatréi (Tafla 9 og 3. mynd). Burstaormar voru ríkjandi á öllum stöðvum (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003).

Tafla 9. Bray-Curtis skyldleikareikningar áður en fiskeldi hefst (stöðvar I–V) og eftir að fiskeldi hefst (stöðvar T1–T4) við Sigmundarhús.

	Skyldleiki (%)					T1	T2	T3	T4
	I	II	III	IV	V				
I	100								
II	54	100							
III	52	36	100						
IV	30	19	47	100					
V	38	24	63	54	100				
T1	2	3	1	2	2	100			
T2	73	57	32	17	20	2	100		
T3	27	26	27	18	18	68	26	100	
T4	40	32	48	47	49	2	35	33	100

Samanburður milli stöðva fyrir og eftir að eldi hefst við Sigmundarhús sýndi einnig að nær engar tegundir voru sameiginlegar á stöð T1 samanborið við stöðvar frá grunnrannsóknum (I–V) (Bray curtis: 1%–2% líkar tegundir) (Tafla 9 og 3. mynd). Hins vegar var tegundasamsetningin á stöð T2 (sem var fjærst fiskeldissvæðinu) með 17%–73% líkar tegundir og T4 (sem var á mesta dýpi) var með 32%–49% líkar tegundir samanborið við stöðvar frá grunnrannsóknum og flokkuðust saman með þeim stöðvum á skyldleikatréi (Tafla 9 og 3. mynd).



3. mynd. Skyldleikatré stöðva við Sigmundarhús í september 2019 (T1–T4) og í apríl 2003 (I–V). Einnig er sýnt dýpi hvernar stöðvar (t.h.) (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003).

Umræður

Mælingar á redox gildum og heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) sýna að uppsöfnun lífrænna leifa er mest næst kvíum og endurspeglast það jafnframt í samsetningu hryggleysingja. Hátt hlutfall tegundarinnar *Capitella capitata* á stöð T1 bendir til að aðstæður þar séu óhentugar, nema fyrir tegundir sem eru þólnar gagnvart uppsöfnun lífrænna leifa, en tegundin 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). Fjölbreytnistuðull Shannons benti til að dýralífið á stöð T1 væri fábreytt og var það metið slæmt miðað við ástandsmat sem sett eru fram í norskum staðli (Molvær o.fl., 1997). Jafnframt fannst á stöðvum T1 og T3 sem eru næstar kvíum burstaormategundin *O. lobifera* sem er af ætt Dorvilleidae. Sú ætt tegund er tækifærissinni og er oft í miklum þéttleika þar sem uppsöfnun er á lífrænum leifum undir eldiskvíum (t.d. Karakassis o.fl., 2000; Borja o.fl., 2000). Tegundin var nýlega greind hér á landi í sýnum sem voru tekin við eldiskvíar í Arnarfirði á Vestfjörðum og var það í fyrsta sinn sem hennar er getið hér á landi (Cristian Gallo, 2017). Engar lifandi samlokur fundust heldur á stöð T1 sem er næst kvíum sem gefur einnig vísbendingu um að aðstæður þar séu óhentugar fyrir viðkvæmar tegundir en margar samlokur eru viðkvæmar fyrir uppsöfnun lífrænna efna (Gray og Pearson, 1982; Borja, o.fl., 2000; Rygg 2002).

Fiskeldið virðist hafa staðbundin áhrif á samfélög hryggleysingja því fjöldi tegunda og fjölbreytni töluvert þegar komið var í 55 m fjarlægð frá kví (úr 13 í 24 tegundir og Shannon fjölbreytni úr 1 í 3) og fór ástandið úr *góðu/slæmu* yfir í *gott/mjög gott* (Molvær, o.fl., 1997; Standard Norge, 2016). Á stöðvum lengra frá (T2 og T4) var tegundasamsetning hryggleysingja orðin líkari því sem áður hefur verið lýst við Sigmundarhús (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2006) samanborið við stöðvar sem voru næst kvíum (T1 og T3) og var ástand á þeim stöðvum *mjög gott* samkvæmt ástandsmati (Molvær, o.fl., 1997; Standard Norge, 2016). Sá munur sem var á tegundasamsetningu og þéttleika hryggleysingja milli stöðva sem ekki voru undir álagi lífrænna leifa (T2, T4 og I-V í rannsóknnum árið 2003) gæti skýrst af mismunandi dýpi stöðva. Meðaldýpi stöðva sem flokkuðust saman hægra megin á skyldleikatréinu (T4, III, IV og V) var 79 m en 56 m á stöðvum sem voru vinstra megin (I, II og T2). Á stöð T2 þar sem dýpi var 69 m var burstaormurinn *Maldane sarsi* algengasti hryggleysinginn en á stöð T3 þar sem dýpi var 54 m var önnur tegund (*P. fallax*) algengust. Í rannsóknnum árið 2003 var einnig hægt að greina að þéttleiki tegundarinnar *M. sarsi* minnkaði með auknu dýpi (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003).

Þakkir

Cristian Gallo á Náttúrustofu Vestfjarða fær þakkir fyrir að greina tegundir hryggleysingja úr sýnunum.

Heimildir

- Agnes Eydal, Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson (2014). *Gæðapættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota*. Stöðuskýrsla til Umhverfisstofnunar. Hafrannsóknastofnun.
- 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.
- Cristian Gallo (2017). Vöktun á fiskeldi við Tjaldaneseyrar. Lokaskýrsla 2017. Unnið fyrir Arnarlax. Bolungarvík: Náttúrustofa Vestfjarða.
- 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 (2019). Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði. Unnið fyrir Laxar fiskeld ehf. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Gray, J. S. & Pearson, T. H. (1982). Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. I. *Comparative methodology. Marine Ecology Progress Series* 9, 111–119.
- 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.
- 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).
- Karakassis, I., Tzapakis, M., Hatziyanni, E., Papadopoulou, K.N. & Plaiti, W. (2000). Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas. *Journal of Marine Science*, 57: 1462–1471.
- 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.
- 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. (2002). *Indicator Species Index for Assessing Benthic Ecological Quality in Marine Waters of Norway*. Norway: Norwegian institute for water research.

- Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016.
- Staðlaráð Íslands (2016). Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom. IST ISO 12878:2012
- Thermo Fisher Scientific inc. (2007). User guide, Redox/ORP electrodes. Skoðað þann 25. september 2017 á slóð <https://tools.thermofisher.com/content/sfs/manuals/D15841~.pdf>
- Wildish, D. J., Hargrave, B. T. & Pohle, G. (2001). Cost-effective monitoring of organic enrichment resulting from salmon mariculture. *Journal of Marine Science* 58, 469–476.
- Zettler, M.L., Schiedek, D. & Bobertz, B. (2007). Benthic biodiversity indices versus salinity gradient in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55, 258–270.
- Þorleifur Eiríksson, 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 ehf. Dags: 3.9.2019

Gátlisti B.1

Staðsetning: Sigmundarhús Hámark lífmassa 5.300 tonn

MOMC

Gr.	Breyta (Parameter)	Stig (poeng)	Númer sýnis								Index
			T1	T2	T3	T4					
Botngerð (B) mjúk, Hörð (H)			B	B	B	B					
Fjarlægð frá kví			25	500	55	100					
I	Dýr	Já=0, Nei=1	0	0	0	0					
II	pH	Mælt gildi	7,42	7,36	7,18	7,26					
	Eh (mV)	Mælt gildi	-244,3	-29,6	-172	-55,7					
		ref.gildi*	218	218	218	218					
	pH/Eh	frá mynd D.1**	1	0	0	0					0,25
Ástand sýnis:			1	1	1	1					
Ástand flokks (gruppe) II:			1								
			Hiti pH buffera (°C): 7,0		Hiti í sjó(°C): 7,8		Hiti í seti (°C):7,0				
			pH í sjó: 8,33				Eh í sjó				
III	Gasbólur	Já = 4									
		Nei = 0	0	0	0	0					
	Litur	Ljós/grá = 0		0		0					
		Brúnt/svart = 2	2		2						
	Lykt	Engin = 0		0	0	0					
		Vottur = 2	2								
		Sterk = 4									
	Áferð	Þétt=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											
Þykkt grots	0 cm - 2 cm = 0	0	0	0	0						
	2 cm-8 cm = 1										
	> 8 cm = 2										
Samtals =			7	1	5	1					
Gildi X	0,22		1,54	0,22	1,1	0,22					0,77
Ástand sýnis			2	1	1	1					
Ástand flokks (gruppe) III			1								
Miðgildi flokka II og III			1,77	0,11	0,55	0,33					0,69
Ástand sýna			2	1	1	1					
pH/Eh Leiðréttingar summa			Einkunn								
Index Miðgildi											
< 1,1			1								
1,1-<2,1			2								
2,1-<3,1			3								
≥3			4								
HEILDAR EINKUNN SVÆDIS										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

Viðauki II. Yfirlit yfir þéttleika og tegundir/hópa í grunnrannsóknunum á fimm stöðvum við Sigmundarhús í apríl árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 2003).

	Stöð				
	I	II	III	IV	V
Lindýr (Mollusca)	1,3				
Samlokur (Bivalvia)					
<i>Astarte crenata</i>		0,3	0,3		
<i>Astarte sulcata</i>		0,3			
<i>Cardium ciliatum</i>		0,7			
<i>Leda pernula</i>	0,3			1,3	
<i>Yoldia hyperborica</i>	0,3	0,3	0,7	0,7	
<i>Nucula tenuis</i>			3,3		
Sniglar (Gastropoda)					
<i>Retusa pertenuis</i>		5,3			
Burstaormar (Polychaeta)		2,7	1,3		
Terebellomorpha		2,7		1,3	
Ampharetidae	1,3				
Capitellidae		0,3			
Cirratulidae	1,3				
<i>Chaetozone setosa</i>	28	1,3	16,7	8	12
Cossuridae					
<i>Cossura longocirrata</i>	5,3	5,3	4	5,3	22
Cf Dorvilleidae				1,3	
Flabelligeridae					
<i>Brada</i> sp.		0,3			
Lumbineridae					
<i>Lumbrineris fragilis</i>	2,7	2,7	2,7		
Cf Maldanidae				0,8	
<i>Maldane sarsi</i>	105,3	50,7	23,3	1,3	2
<i>Praxilella</i> sp.		0,3			
Nephtyidae					
<i>Nephtys</i> sp.	0,7	0,3	1	1,7	
Opheliidae					
<i>Ophelina acuminata</i>		0,3			
Orbiniidae					2
<i>Scoloplos aminger</i>	14,7	5,3	14,7	4	8
Owiniidae		5,3			6
<i>Owenia fusiformis</i>		16			
<i>Myriochele obculata</i>	14,7	10,7	3,3		
Paranoidae					
<i>Levinsenia gracilis</i>		2,7			
Phyllodocidae					
<i>Etone Longa</i>	1,3		4,7		2
Sabellidae	1,3		1,3	1,3	
Sphaerodoridae					
Cf <i>Sphaerodium</i> sp.	1,3				
Spionidae	16		2,7		2
<i>Prionospio steenstrupi</i>	1,3	1,3	35,3	17,3	30
Sternaspidae					
<i>Sternaspis scutata</i>			1,3		
Syllidae	9,3	2,7	0,7		
Ánar (Oligochaeta)	5,3	8		0,13	4
Krabbadýr (Crustacea)					
Punggrækja (Cumacea)					
<i>Eudorella emarginata</i>	1,3				
<i>Leucon cf nasica</i>			1,3		
<i>Diastylis</i> sp.			0,7		
Skrápdýr (Echinodermata)					
Krossfiskur (Asteriodae)					
<i>Ctenodiscus crispatus</i>		0,3	0,7	0,3	
Meðalfjöldi hryggleysingja (250 cm ²)	213	126,1	120	44,73	90
Meðalfjöldi hryggleysingja (dýr/m ²)	8468	5044	4800	1789	3600

Viðauki III. Niðurstöður efnamælinga á heildar köfnunarefni (TN), heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI).

Nafn tengiliðar: Erlín Jóhannsdóttir
Nafn fyrirtækis: Náttúrustofa Austurlands

Verkefni nr: 6EE19079
Heiti verkefnis: NNA setsýni
Umsjón verkefnis: Dr. Helga Dögg Flosadóttir
Sýni: 4 sýni

Dags: 24.01.2020

Skýrsluna má ekki nota í auglýsingaskyni né birta á annan hátt án skriflegrar heimildar Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands. Birting er á ábyrgð þess er stofnunin hefur afhent skýrsluna. Skýrsluna má einungis ljósrita í heilu lagi. Geymslutími sýna er 3 mánuðir frá dagsetningu skýrslu nema um annað sé samið. Niðurstöður eiga einungis við prófuð

Fjögur setsýni voru greind m.t.t. TN, TOC og glæðingu.

Enr	Sýni	TN %	TOC %	C/N hlutfall	Aska %	LOI %
149108	3.9.2019 Sigurhus Stod 1	0.2	1.4	8.9	94.7	5.3
149109	3.9.2019 Sigurhus Stod 2	0.1	1.2	8.3	94.7	5.3
149110	3.9.2019 Sigurhus Stod 3	0.1	1.1	8.7	95.3	4.7
149111	3.9.2019 Sigurhus Stod 4	0.1	1	8.2	95.1	4.9

Greiningaraðferð: Sýni voru frostþurrkuð fyrir mælingu. Allar niðurstöður eru gefnar sem hlutfall af þurrrefni. TOC og TN: Mælt með brunaaðferð í Vario TOC analyser. Aska mæld með glæðingu.

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