

Laxar fiskeldi ehf.
Umhverfismvöktun 2018 og 2019

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



NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Egilsstaðir
✓ Neskaupstaður

Skýrsla nr:

NA-200200

Dags (mánuður, ár):

Apríl 2020

Dreifing: Lokuð

Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill):

Laxar fiskeldi ehf. - Umhverfissvöktun 2018 og 2019

Upplag: 3

Síðufjöldi: 21

Fjöldi viðauka: 4

Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson

Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf.

Útdráttur:

Frá því að Laxar fiskeldi ehf. hóf starfsemi í Reyðarfirði árið 2017 hefur verið fylgst með áhrifum starfseminnar á sjávarbotn á tveimur eldissvæðum (Sigmundarhúsi og Gripalda). Grunnrannsóknir fóru fram á botndýralífi á eldissvæðunum árið 2003. Jafnframt fór fram mat á ástandi botnsets með mælingum og skynmati við Sigmundarhús og Bjarg áður en fiskur var settur út árin 2018 og 2019. Hér er fjallað um niðurstöður mælinga og skynmats á botnseti á skilgreindum nærsvæðum fiskeldissvæðanna við Gripalda og Sigmundarhús og niðurstöður greininga á hryggleysingjafánu við Sigmundarhús á skilgreindu fjærsvæði eldissvæðisins.

Gagnasöfnun: Sýnataka fór fram við hámark lífmassa við Gripalda og Sigmundarhús. Sýnum af botnseti innan nærsvæðis fiskeldissvæðanna var safnað á átta stöðum við Gripalda og fimmtán stöðvum við Sigmundarhús. Sýnum var auk þess safnað á fjórum stöðum á sniði í 25 til 500 m fjarlægð frá kvíum á fjærsvæði við Sigmundarhús. Á öllum sýnatökustöðum voru Redox iog pH gildi mæld í efstu lögum botnsetsins og sýnum lýst m.t.t. litar, lyktar, áferðar og hvort gasbólur eða hvít skán sæist. Sýni sem tekin voru á nærsvæðum voru sigtuð og hryggleysingjar taldir gróflega og greindir í flokka. Við sniðvöktun á fjærsvæði við Sigmundarhús voru hryggleysingjar greindir ítarlegar tiltegunda eðaættkvísla. 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 = *mjög gott*, 2 = *gott*, 3 = *slæmt* og 4 = *mjög slæmt*.

Niðurstöður nærsvæðis vöktunar við Gripalda sýndu að ástand botnsets á eldissvæðinu var í heildina *mjög gott*. Öll sýni fengu einkunnina 1 sem telst *mjög gott*.

Niðurstöður nærsvæðis vöktunarinnar við Sigmundarhús sýndu að ástand botnsets á eldissvæðinu var í heildina *gott*. Tíu af fimmtán sýnum fengu einkunnina 2 (*gott*) og eitt sýni fékk einkunnina 1 (*mjög gott*). Á fjórum stöðum mátti greina töluverða uppsöfnun lífrænna leifa og fengu þrjú sýni einkunnina 3 sem telst *slæmt* ástand og eitt sýni fékk einkunnina 4 sem telst *mjög slæmt* ástand. Lykt af brennisteinsvetni fannst af öllum sýnum og var litur setsins brúnn eða svartur. Gasbólur og hvít skán sást í einu sýni. Burstaormar sáust í öllum sýnum nema tveimur en þar sáust engin dýr. Heildarniðurstaða nærsvæðisvöktunar við Sigmundarhús var *gott* og því þurfti að virkja fjærsvæðisvöktun þar.

Niðurstöður sniðvöktunar á fjærsvæði Sigmundarhús sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa er staðbundin og fengu þau sýni sem tekin voru fyrir utan nærsvæðið 1 í einkunn (*mjög gott*) en sýnið sem var í 25 m fjarlægð frá kvíum fékk 2 í einkunn (*gott*).

Mat á ástandi hryggleysingjafánu á sömu stöðvum og mælingar og skynmat var gert sýndu að ástandið var verst næst kvíum en það var *gott* eða *mjög gott* 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 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 kom í bakgrunnrannsóknunum.

Lykilorð: Gripaldi, Sigmundarhús, hámark lífmassa, vöktun, nærsvæði, snið, botnset, sýni, redox

ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)

Yfirfarið: Kristín Ágústsdóttir hjá Náttúrustofu Austurlands og Gunnar Steinn Jónsson hjá Laxa

ISBN nr: 978-9935-9518-3-0 (rafræn útgáfa)

Efnisyfirlit

| | |
|--|----|
| Myndaskrá..... | 4 |
| Töfluskrá..... | 4 |
| 1. Inngangur | 5 |
| 2. Aðferðir | 6 |
| 2.1. Staðlar og skilgreiningar..... | 6 |
| 2.2. Sýnatökuaðferðir..... | 6 |
| 2.2.1. Nærsvæðisvöktun (MOM-B)..... | 6 |
| 2.2.2. Sniðvöktun (MOM-C)..... | 7 |
| 2.3. Útreikningar á redox gildum og viðmiðunarmörk í botnseti | 7 |
| 2.4. Viðmiðunarmörk fyrir ástand botnsets og hryggleysingjafánu | 8 |
| 2.5. Töluleg úrvinnsla | 9 |
| 3. Niðurstöður og umræður..... | 10 |
| 3.1. Gripaldi | 10 |
| 3.2. Sigmundarhús..... | 12 |
| 3.2.1. Nærsvæðisvöktun (MOM-B) | 12 |
| 3.2.2. Sniðvöktun (MOM-C) | 14 |
| 4. Lokaorð..... | 15 |
| 5. Þakkir..... | 15 |
| 6. Heimildir..... | 16 |
| Viðauki I. Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðanna við Sigmundarhús og Bjarg. | 18 |
| Viðauki II. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu við Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM-B)..... | 19 |
| Viðauki III. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu við Sigmundarhús í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM-B)..... | 20 |
| Viðauki IIII. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði. Niðurstöður sniðvöktunar (MOM-C)..... | 21 |

Myndaskrá

| | |
|---|----|
| 1. mynd. Fiskeldissvæði Laxa fiskeldis ehf. í Reyðarfirði. Svæði umkringd gulu eru í matsferli..... | 5 |
| 2. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxa fiskeldis við Gripalda í Reyðarfirði.. | 10 |
| 3. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxa fiskeldis við Sigmundahús í Reyðarfirði. | 12 |
| 4. mynd. Gasbólur og hvít skán (Beggiatoa) í sýni við kví 10. | 13 |

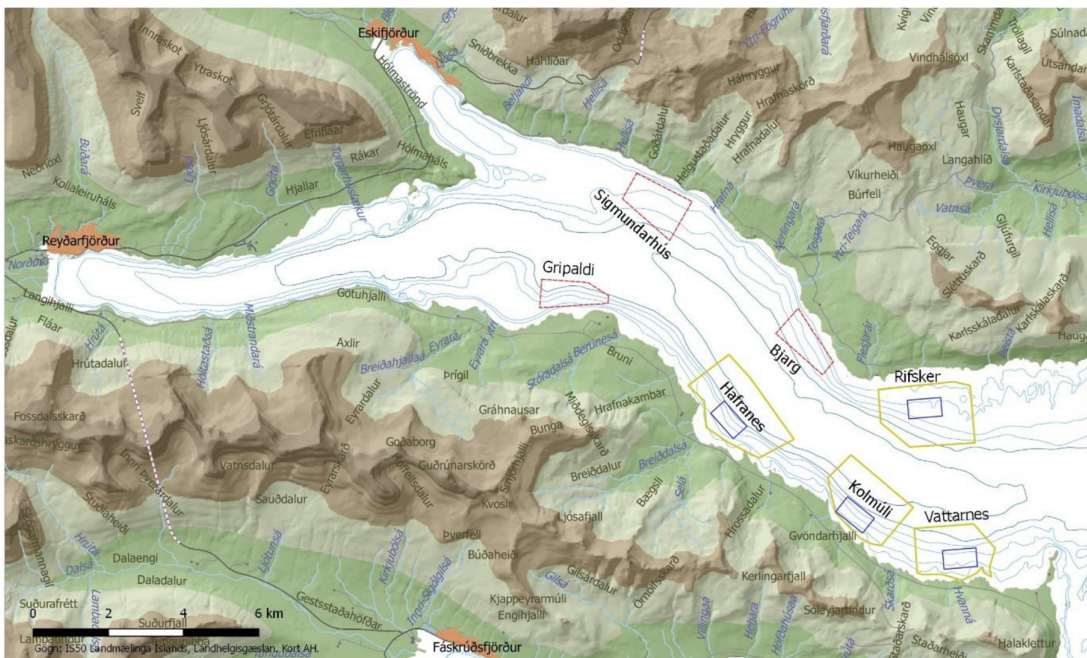
Töfluskrá

| | |
|--|----|
| Tafla 1. Ástandsmat í botnseti út frá tilvist dýra. | 8 |
| Tafla 2. Ástandsmat á botnseti út frá mældum gildum og skynmati | 8 |
| Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni. | 8 |
| Tafla 4. Mat á ástandi botnsets út frá heildarmagni lífræns kolefnis | 9 |
| Tafla 5. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í nærsvæðisvöktun við Gripalda..... | 11 |
| <i>Tafla 6. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í nærsvæðisvöktun við Sigmundarhús.</i> | 12 |
| Tafla 7. Niðurstöður á mælingum á sýrustigi (pH) og redox í nærsvæðisvöktun við Sigmundarhús. | 13 |
| Tafla 8. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í sniðvöktun við Sigmundarhús. | 14 |
| Tafla 9. Niðurstöður á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni við Sigmundarhús..... | 14 |
| Tafla 10. Niðurstöður mældra gilda í seti í sniðvöktun við Sigmundarhús. | 15 |

1. Inngangur

Samkvæmt starfsleyfi Laxa fiskeldis ehf. fer fram reglubundin umhverfisvöktun á sjávarbotni á fiskeldissvæðum fyrirtækisins í Reyðarfirði í samræmi við vöktunaráætlun samþyktri af Umhverfisstofnun (Umhverfisstofnun, 2012; 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 Rífskeri (1. mynd). Tilgangur umhverfisvöktunarinnar er að meta það álag á umhverfið sem starfsemi fiskeldisins veldur (Umhverfisstofnun, 2012).

Grunnrannsóknir fóru fram á botndýralífi á eldissvæðunum árið 2003 (Þorleifur Eiríksson og Böðvar Þórisson, 2003). Þá var tegundasamsetningu hryggleysingjafánu á sjávarbotni lýst á svæðunum. Einnig var ástand botnsets metið með mælingum og skynmati við Sigmundarhús og Bjarg áður en fiskur var settur út (Náttúrustofa Austurlands, 2018; Náttúrustofa Austurlands, 2019a). Skýrslurnar í heild sinni má finna í viðauka I. Ekki var búið að gera samning um vöktun við Náttúrustofu Austurlands áður en eldi hófst við Gripalda og því voru grunnrannsóknir m.t.t. mælinga og skynmats ekki framkvæmdar á því svæði.



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 botnsets við hámark lífmassa á fiskeldissvæðunum við Gripalda og Sigmundarhús en skýrslurnar í heild sinni má finna í viðaukum II til VIII (Náttúrustofa Austurlands, 2019b; Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2019; Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson, 2019). Sýnataka fór fram þann 8. nóvember 2018 við Gripalda en þá var lífmassi á svæðinu 1.500 tonn í þremur kvíum. Sýnatökur við Sigmundarhús fóru fram 29. ágúst og 3. september 2019 og var lífmassi þá 5.300 tonn í fjórtán kvíum.

2. Aðferðir

2.1. 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 botnsets 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 umtalsverðrar 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 eldis-tíma hverrar kynslóðar, því magni sem alið er innan hvers fiskeldissvæðis hverju sinni og ástandi svæða samkvæmt niðurstöðum umhverfisvöktunar.

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

2.2. Sýnatökuaðferðir

2.2.1. Nærsvæðisvöktun (MOM-B)

Botnsýni voru tekin með Van Veen botngreip (250 cm²). Sýni voru tekin á átta stöðum við Gripalda en fimmtán við Sigmundarhús (2. og 3. mynd). Á hverri stöð var dýpi skráð og sýnatökustaðir hnitsettir. Um leið og sýni kom upp var oxunarmáttur (reduction oxidation reaction) setsins mælt (kallað redox-gildi hér eftir) með Euthech pH 450 mæli og redox/ORP rafskauti frá Thermo Fisher (Thermo Fisher Scientific Inc., 2007), ásamt hitastigi (°C) og pH-gildi sem var mælt með Orion STAR A324 og Ross pH rafskauti. Rafskautum mælanna var stungið u.þ.b. 1 cm ofan í setið. Þegar mælar sýndu stöðug gildi var lesið af þeim. Sýnið var losað úr greipinni í plastbakka og skynmat gert. Í skynmati var metið: hvort lykt af brennistein fyndist af setinu, litur sets, setgerð, þéttleiki sets og mæld þykkt uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæjust í sýni, hvort gasbólur sæjust og hvort hvít skán væri á yfirborðinu. Einnig var rúmmál greipar skráð. Sýnið var síðan sigtað á staðnum með 500 mm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka. 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.

2.2.2. Sniðvöktun (MOM-C)

Botnsýni í sniðvöktun (MOM-C) við Sigmundarhús voru tekin á fjórum stöðum út frá nærsvæði í 25 m, 55 m, 100 m og 500 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 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 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).

2.3. 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}) 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 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).

2.4. Viðmiðunarmörk fyrir ástand botnsets og hryggleysingjafánu

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 sem gaf vísbendingu um hversu mikil uppsöfnun var af lífrænum leifum á botninum. Gildi allra mældra þátta sem fengust með mælingum og skynmati voru lögð saman og svæðin fengu einkunn miðað við ástand. Ástandsflokkarnir eru tveir fyrir tilvist dýra: 0= dýr en 1=engin dýr, 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). Ástandsflokkarnir eru fjórir fyrir mælingar og skynmat: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = slæmt og 4= mjög slæmt (Tafla 2) (Standard Norge, 2016).

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

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

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 |

Við mat á ástandi hryggleysingjafánu í sniðvöktun 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 3) (Standard Norge, 2016). Til að meta ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölbreytni var stuðst við norsk viðmið (Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018). Einnig var horft til viðmiðunaraðstæðna fyrir fjölbreytni botnlægra hryggleysingja við Ísland (Agnes Eydal o.fl., 2014). Ef Shannon-Wiener fjölbreytnistuðullinn (H' , log2) er 4 eða hærri þá er talið að ástand botns endurspegli gildi sem má finna á óröskuðum svæðum.

Tafla 3. Mat á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá fjölda tegunda, hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar og Shannon Wiener fjölbreytnistuðli (H' , log2) (tafla endurgerð úr Standard Norge, 2016; Molvær o.fl., 1997; Iversen & Sandøy, 2018).

| | 1 Mjög gott | 2 Gott | 3 Slæmt | 4 Mjög slæmt |
|---------------------------------------|----------------|-----------|------------|-----------------|
| Fjöldi tegunda | >20 | 19–5 | 4–1 | 0 |
| Hlutfall (%) algengustu tegundarinnar | <65% | <90% | >90% | |
| Shannon Wiener (H' , log 2) | >4 | 4–3 | 2–1 | <1 |

Við mat á ástandi botnsets út frá lífrænu kolefni var stuðst við norsk viðmið (Iversen & Sandøy, 2018) (Tafla 4). Gildin eru fengin með formúlunni: $TOC_{63} = TOC_{mg/g} + 18 * (1 - P < 63\mu m)$ þar sem leiðrétt er fyrir kornastærð (hlutfall % af silt og leir, $< 63\mu m$). Ástands-flokkarnir eru fimm: 1 = mjög gott, 2 = gott, 3 = viðunandi, 4 = slæmt og 5 = mjög slæmt

Tafla 4. 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 Viðunandi | 4 Slæmt | 5 Mjög slæmt |
|------------|--|----------------|-----------|----------------|------------|-----------------|
| TOC_{63} | Heildarmagn lífræns kolefnis miðað við kornastærð (% silt og leir, $< 63\mu m$) | 0-20 | 20-27 | 27-34 | 34-41 | 41-200 |

2.5. Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert sýni (greip 250 cm^2) var þéttleiki hryggleysingja reiknaður út sem fjöldi dýra á fermetra (dýr/ m^2). 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 Pielous J' , er nátengdur Shannon-Wiener stuðlinum, en sýnir hvort jafnræði er milli tegunda innan sýnisins, eða hvort ein eða fáar tegundir séu sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar eftir því sem tegundum fækkar. Þegar einungis ein tegund er í sýnum þá verða báðir þessir stuðlar núll.

Einsleitnistuðull Pielous J' :

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

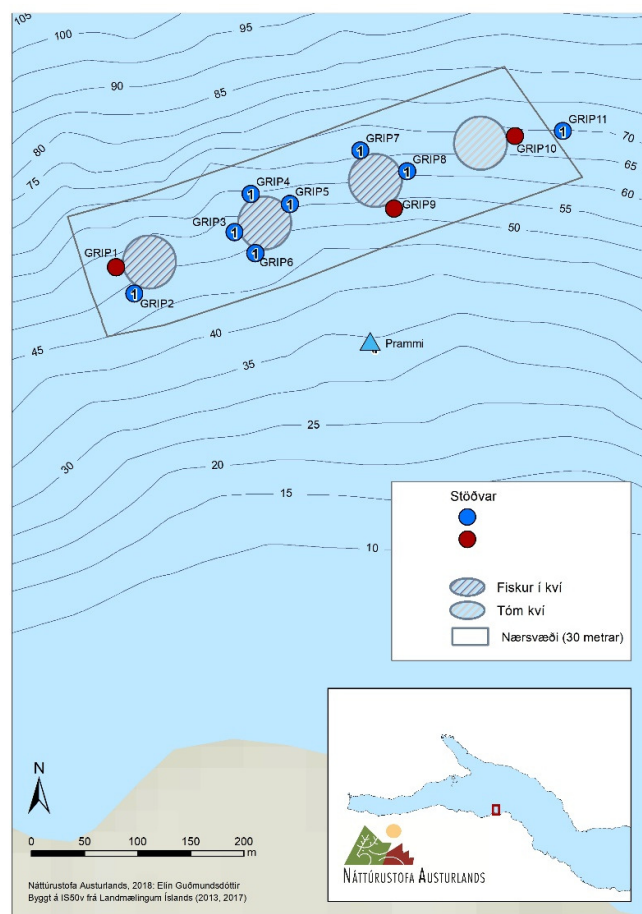
Tölfræðigreiningar voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.6.1 (R Core Team, 2019) í viðmóti *RStudio* (RStudio Team, 2016).

3. Niðurstöður og umræður

3.1. Gripaldi

Erfiðlega gekk að ná sýnum við Gripalda sökum þess hversu grýttur botninn var og mikill straumur. Fjöldi tilrauna við sýnatöku voru allt frá einni tilraun og upp í átta. Skynmat og aðrar mælingar voru gerðar á átta stöðvum (GRIP2–GRIP8) innan nærsvæðis og á stöð GRIP11 utan nærsvæðis. Á stöð GRIP9 var einungis hægt að gera skynmat þar sem mikið var af steinum í sýni. Á stöðvum GRIP1 og GRIP10 komu einungis steinar upp við sýnatöku og því hvorki hægt að mæla né gera skynmat (2. mynd).

2. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxa fiskeldis við Gripalda í Reyðarfirði. (kortagögn frá Landmælingum Ísland og Landhelgisgæslunni). Gulir hringir tákna stöðvar þar sem skynmat og aðrar mælingar voru framkvæmdar en rauðir hringir tákna stöðvar þar sem ekki var hægt að gera mælingar og/eða skynmat.



Niðurstöður allra breyta (tilvist dýra, mæld gildi og skynmat) sýndi að öll sýnin átta sem hægt var að gera prófun á fengu einkunnina 1 eða *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins að sama skapi 1 eða *mjög gott* (Tafla 5).

Redox gildin gáfu þó vísbendingu um að hnignun væri í botnseti en meðaltal redox gilda reyndist vera 66,0 mV (spönn 29,8–182,2 mV). Sýrustig var svipað á öllum stöðvum og var meðalalsgildið 7,6 (spönn 7,57–7,80).

Setgerð á botni reyndist vera blanda af silt og sandi nema á dýpstu stöðinni þar var leir og silt og á einni stöð eingöngu sandur. Setið var í öllum tilvikum brúnt og þétt. Vottur af

brennisteinslykt fannst af tveimur sýnum. Burstaormar sáust í öllum sýnum en voru þó ekki í miklum þéttleika, einnig sáust skeljar á tveimur stöðum og krabbadýr á einni stöð.

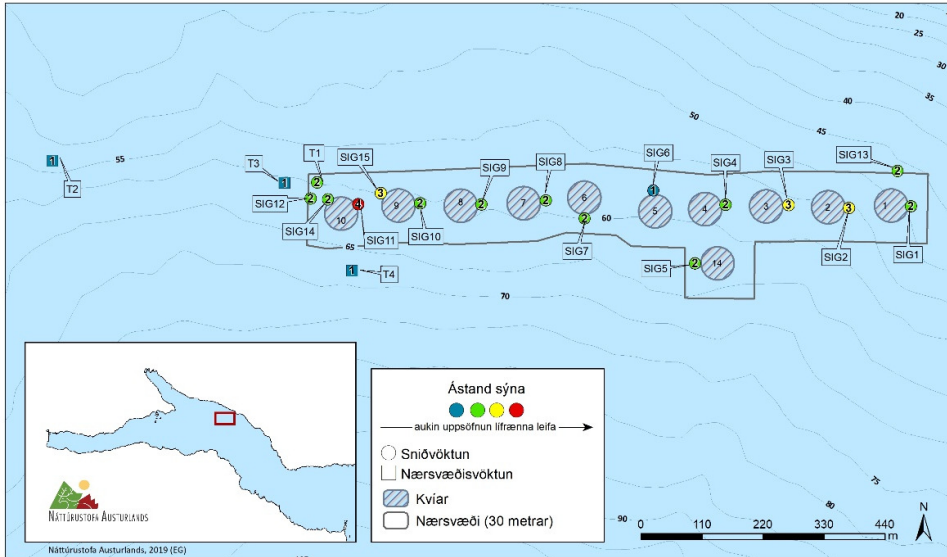
Tafla 5. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í nærsvæðisvöktun (MOM-B) við Gripalda 8. nóvember 2018. Blár litur vísar til þess að ástand botnsets samkvæmt mælingum og skynmati var mjög gott á öllum stöðvum.

| Stöð | Dýr | Mælingar og skynmat |
|-----------------------|--------------------|---------------------|
| GRIP2 | 0 | 0,2 |
| GRIP3 | 0 | 0,9 |
| GRIP4 | 0 | 0,7 |
| GRIP5 | 0 | 0,7 |
| GRIP6 | 0 | 0,9 |
| GRIP7 | 0 | 0,7 |
| GRIP8 | 0 | 0,7 |
| GRIP11 | 0 | 0,4 |
| Meðaltal | 0,0 | 0,7 |
| Heildareinkunn | Ásættanlegt | 1 |

Nánari upplýsingar um niðurstöður vöktunar við Gripalda má finna í skýrslu Náttúrustofu Austurlands, 2019 í viðauka II.

3.2. Sigmundarhús

Sýni voru tekin á fimmtán stöðvum (SIG1–SIG15) í nærsvæðiskönnun (MOM-B) á fiskeldissvæðinu við Sigmundarhús og fjórum stöðvum (T2–T4) í sniðvöktun (MOM-C).



3. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxa fiskeldis við Sigmundarhús í Reyðarfirði þann 29. ágúst og 3. september 2019. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

3.2.1. Nærsvæðisvöktun (MOM-B)

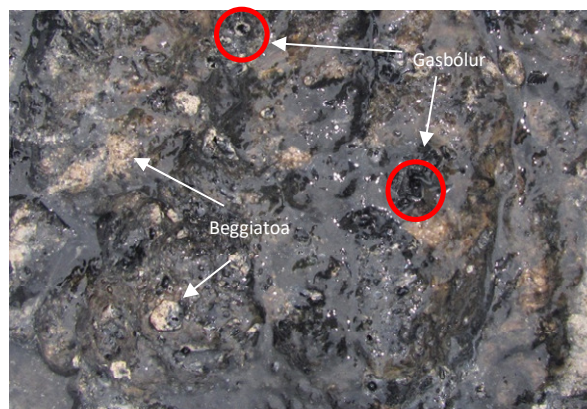
Niðurstöður mældra gilda og skynmats sýndu að af 15 sýnum fékk eitt sýni einkunnina 1 sem telst *mjög gott* ástand, tíu fengu einkunnina 2 sem telst *gott* ástand, þrjú fengu 3 í einkunn sem telst *slæmt* ástand og eitt sýni fékk einkunnina 4 sem telst *mjög slæmt* ástand. Heildareinkunn svæðisins var 2 sem telst *gott* (Tafla 6 og 3. mynd). Þar sem einkunnin var lakari en 1 (*mjög gott*) þá var nauðsynlegt að kanna svæðið nánar með sniðvöktun (MOM-C) (Standard Norge, 2016).

Tafla 6. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í nærsvæðisvöktun (MOM-B) við Sigmundarhús þann 29. ágúst og 3. september 2019. Litir vísa til ástands botnets út frá mældum gildum og skynmati: blátt=mjög gott, grænt=gott, gult=slæmt og rautt=mjög slæmt.

| Stöð | Dýr | Mælingar og skynmat |
|----------------|-------------|---------------------|
| SIG1 | 0 | 2,0 |
| SIG2 | 0 | 2,1 |
| SIG3 | 0 | 2,5 |
| SIG4 | 0 | 2,0 |
| SIG5 | 0 | 2,0 |
| SIG6 | 0 | 0,7 |
| SIG7 | 0 | 1,3 |
| SIG8 | 0 | 1,5 |
| SIG9 | 0 | 2,0 |
| SIG10 | 0 | 2,0 |
| SIG11 | 1 | 3,1 |
| SIG12 | 0 | 1,5 |
| SIG13 | 0 | 1,4 |
| SIG14 | 0 | 2,0 |
| SIG15 | 1 | 2,6 |
| Meðaltal | 0,1 | 1,9 |
| Heildareinkunn | Ásættanlegt | 2 |

Burstaormar sáust í öllum sýnum nema tveimur (SIG11 og SIG15) en þar sáust engin dýr (Tafla 6).

Fóðurleifar sáust í sýnum SIG1–SIG5 og SIG8–SIG11, gasbólur sáust í sýni við kví 10 (SIG11) sem og hvít skán af bakteríum (Beggiatoa) sem lifa við súrefnisfirrtar aðstæður enda var ástand þess sýnis mjög slæmt (Tafla 6 og 4. mynd). Uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist í tveimur sýnum við SIG11 og SIG15). Lykt af brennisteinsvetni (H_2S) fannst af öllum sýnum í nærsvæðisvöktun.



4. mynd. Gasbólur og hvít skán (Beggiatoa) í sýni við kví 10. (Ljós: EEJ)

Gildi pH í nærsvæðisvöktun mældust á bilinu 6,97 til 8,17 og var meðaltalsgildið 7,42. Meðaltal mældra redox-gilda var -96 mV (spönn -159 til 48) og voru gildin lægst þar sem ástand sýna var slæmt eða mjög slæmt (Tafla 6 og Tafla 7).

Tafla 7. Niðurstöður á mælingum á sýrustigi (pH) og redox í nærsvæðisvöktun við Sigmundarhús 29. ágúst og 3. september 2019.

| Stöðvar | Kví nr. | pH | Redox gildi($E_{h_{SHE}}$) |
|---------|---------|------|------------------------------|
| SIG1 | 1 | 7,15 | -102 |
| SIG2 | 2 | 7,23 | -101 |
| SIG3 | 3 | 6,98 | -117 |
| SIG4 | 4 | 7,71 | -137 |
| SIG5 | 14 | 7,18 | -120 |
| SIG6 | 5 | 7,4 | 48 |
| SIG7 | 6 | 7,99 | -70 |
| SIG8 | 7 | 7,3 | -72 |
| SIG9 | 8 | 7,62 | -105 |
| SIG10 | 9 | 7,19 | -137 |
| SIG11 | 10 | 6,99 | -159 |
| SIG12 | 10 | 7,45 | -70 |
| SIG13 | 1 | 8,17 | -8 |
| SIG14 | 9 | 7,93 | -140 |
| SIG15 | 9 | 6,97 | -147 |

Nánari upplýsingar um niðurstöður nærsvæðisvöktunar við Sigmundarhús má finna í viðauka III (Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2019).

3.2.2. Sniðvöktun (MOM-C)

Niðurstöður mældra gilda og skynmats í sniðvöktun við Sigmundarhús sýndu að sýni næst kvíum fékk 2 í einkunn sem telst *gott*. Önnur sýni fengu einkunnina 1 sem telst *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins 1 eða *mjög gott* (Tafla 8).

Tafla 8. Niðurstöður mældra gilda (pH/redox) og skynmats í sniðvöktun (MOM-C) við Sigmundarhús þann 3. september 2019. Litir vísa til ástand botnsets út frá mældum gildum og skynmati: grænt=*gott*; blátt=*mjög gott*.

| Stöð | Dýr | Mælingar og skynmat |
|-----------------------|--------------------|---------------------|
| T1 | 0 | 1,8 |
| T3 | 0 | 0,6 |
| T2 | 0 | 0,1 |
| T4 | 0 | 0,3 |
| Meðaltal | 0 | 0,7 |
| Heildareinkunn | Ásættanlegt | 1 |

Lykt af brennisteinsvetni (H₂S) fannst af sýni T1 (vottur) en engin lykt fannst af sýnum T2–T4.

Mat á ástandi svæðisins út frá hryggleysingjafánu (fjöldi tegunda, hlutfalli algengustu tegundarinnar og Shannon-Wiener fjölbreytni) sýndi að ástand hryggleysingjafánu var *slæmt* næst kvíum hvað hlutfall tegunda og fjölbreytni varðar en gott hvað fjöldi tegunda varðar en 13 tegundir fundust á stöðinni. Ástand á stöðvum (T2 til T4) lengra frá kvíum var *gott* eða *mjög gott* (Tafla 9). 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*) 93%. Jafnræði var mest á dýpstu stöðinni (T4, 70 m) þvert á straumstefnu (Tafla 9). 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 9. Niðurstöður á ástandi hryggleysingjafánu á mjúkbotni út frá hlutfalli (%) algengustu tegundarinnar, fjöldi tegunda og fjölbreytnistuðli Shannon-Wiener (H'log2) við Sigmundarhús þann 3. september 2019. Litir vísa til ástand hryggleysingjafánu á mjúkbotni: blátt=*mjög gott*, grænt=*gott* og gult=*slæmt*.

| Stöð | Algengasta tegund | hlutfall (%) | Fjöldi tegunda* | Shannon (H'log2) | Pielous (J') |
|------|---------------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------|
| T1 | <i>Capitella capitata</i> | 93 | 13 | 1 | 0,16 |
| T3 | <i>Capitella capitata</i> | 64 | 24 | 3 | 0,50 |
| T2 | <i>Maldane sarsi</i> | 48 | 35 | 4 | 0,58 |
| T4 | <i>Prionospio fallax</i> | 23 | 33 | 6 | 0,79 |

*Að undanskildum þráðormum

Heildarmagn lífræns kolefnis var hæst næst kví eða 22 mg/g leiðrétt fyrir kornastærð og var ástandið *gott* á þeirri stöð. Á öðrum stöðvum var ástandið *mjög gott* (Tafla 10) líkt og hvað hryggleysingjafánuna varðar.

Tafla 10. Niðurstöður mældra gilda í seti í sniðvöktun við Sigmundarhús 3. september 2019. Litir vísa til ástands sets út frá heildar magni lífræns kolefnis í seti leiðrétt fyrir kornastærð, blátt=mjög gott og grænt=gott.

| Stöð | pH | Redox | TOC mg/g | Kornastærð (% <63 µm) | nTOC* mg/g | LOI (%) | C/N (%) | TN (%) |
|------|------|-------|-------------|--------------------------|---------------|------------|------------|-----------|
| T1 | 7,42 | -26 | 14 | 53,1 | 22 | 5,3 | 8,9 | 0,2 |
| T3 | 7,18 | 46 | 11 | 54,4 | 19 | 4,7 | 8,7 | 0,1 |
| T2 | 7,36 | 188 | 12 | 58,7 | 19 | 5,3 | 8,3 | 0,1 |
| T4 | 7,26 | 162 | 10 | 62,7 | 17 | 4,9 | 8,2 | 0,1 |

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

Við samanburð upplýsingar um tegundasamsetningu botndýra fyrir eldi (Þorleifur Eiríksson o.fl. 2006) við okkar niðurstöður þá sést að mikil breyting hefur orðið í samsetningu næst kvíum á meðan fjær kvíum er lífríkið líkara því sem fyrir var. Þær niðurstöður styrkja þær ályktanir að uppsöfnin sé fremur staðbundin og virðist ekki hafa mikil áhrif á botndýr utan nærsvæðis eldissvæðisins.

Nánari upplýsingar um niðurstöður sniðvöktunar við Sigmundarhús má finna í viðauka III (Erlín Emma Jóhannsdóttir og Hlynur Ármannsson, 2019).

4. Lokaorð

Ástand fiskeldissvæðisins við Griपालda við hámark lífmassa var *mjög gott* og gaf ekki til kynna að mikil uppsöfnun væri á lífrænum leifum á sjávarbotni. Samkvæmt norska staðlinum sem unnið er eftir (Standard Norge, 2016) er ekki ástæða til að sýnataka fari fram aftur fyrr en við hámark lífmassa næstu kynslóðar.

Ástand fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús við hámark lífmassa í nærsvæðisvöktun var í heildina *gott* samkvæmt mældum gildum og skynmati. Niðurstöður mælinga og skynmats var *slæmt/mjög slæmt* á fjórum stöðvum af fimmtán og gefur vísbendingu um töluverða uppsöfnun lífrænna leifa. Ástæða er því til að taka sýni þegar hvíldartíma er lokið (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 lítill og hátt hlutfall tegundarinnar *Capitella capitata* bendir til þess að þar séu aðstæður erfiðar nema fyrir þolnar tegundir gagnvart lífrænni uppsöfnun.

5. Þakkir

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

6. Heimildir

- Agnes Eydal, Sólveig Rósa Ólafsdóttir, Steinunn Hilma Ólafsdóttir, Kristinn Guðmundsson og Karl Gunnarsson (2014). *Gæðabættir 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.
- 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 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.
- 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
- 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).
- Iversen, A. & Sandøy, S. (2018). Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 02:2018. 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.
- Náttúrustofa Austurlands (2018). *Niðurstöður grunnrannsóknna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Náttúrustofa Austurlands (2019a). *Niðurstöður grunnrannsóknna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Bjarg*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- Náttúrustofa Austurlands (2019b). *Niðurstöður vöktunar á botnseti á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripaldi við hámark lífmassa*. Neskaupstaður: Náttúrustofa Austurlands.
- 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.
- Staðlaráð Íslands (2016). Environmental monitoring of the impacts from marine finfish farms on soft bottom. IST ISO 12878:2012

- Standard Norge (2016). Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg (Environmental monitoring of benthic impact from marine fish farms). NS 9410:2016.
- 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, Gunnar Steinn Gunnarsson, Soffía Karen Magnúsdóttir, Kristján Ingimarsson, 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%c3%b0arfir%c3%b0i%20%c3%batgefi%c3%b0%20starfsleyfi.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. Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðanna við Sigmundarhús og Bjarg.

Laxar fiskeldi ehf.

Sent í tölvupósti á netföngin: gunnar@laxar.is og kristjan@laxar.is

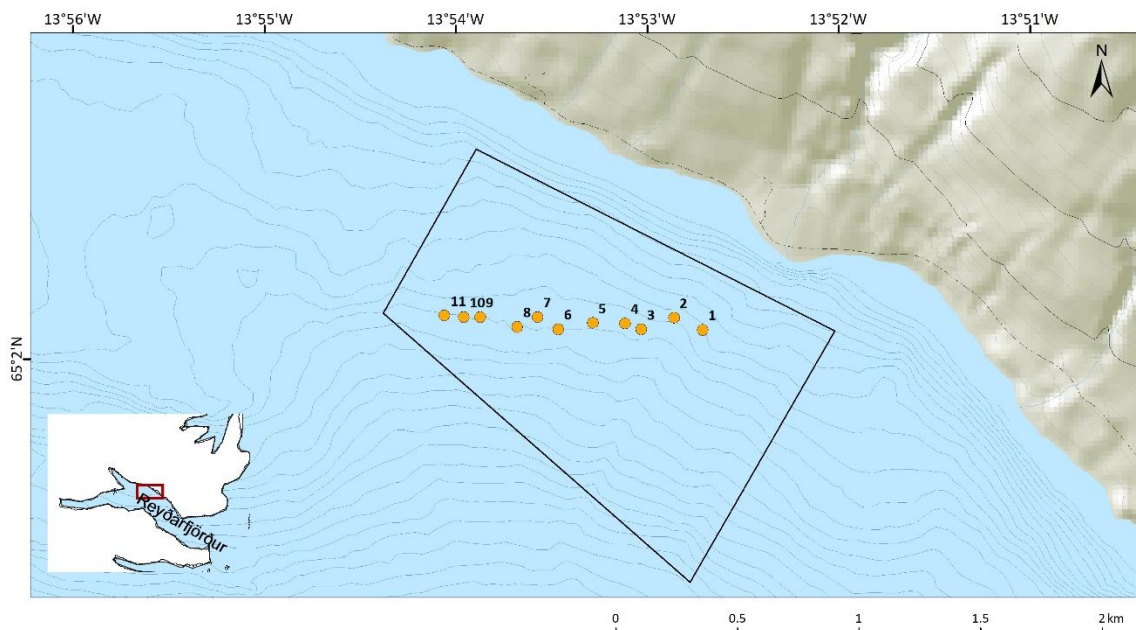
Neskaupstaður 28. maí 2018

Efni: Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands grunnrannsóknir á botnseti í nærsvæði (MOMB) fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús í Reyðarfirði 9. maí 2018. Farið var bátnum Sögu í eigu Laxar fiskeldis. Veður var gott í fyrstu en það vindaði um hádegi og fór að rigna.

Aðferðir

Sýni voru tekið á ellefu stöðvum í nærsvæði eldissvæðisins við Sigmundarhús. Staðsetning stöðva var dreift þannig að þær gefi sem besta mynd af öllu svæðinu (1. mynd). Hnit allra sýnatökustöðva eru sýnd í viðauka I. 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).



Mynd 1. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Sigmundarhús 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 finndist 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 1 mm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka. Dýr sem sáust voru talin gróflega og greind í helstu flokka þ.e. bustaormar, 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 mjúkbotns innan eldissvæðis við Sigmundarhús fengu einkunina 1 eða *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins að sama skapi 1 eða *mjög gott*. Eldi hefur ekki ennþá hafist á svæðinu og var úttektin sem hér er gerð grein fyrir hugsuð sem grunnrannsókn til samanburðar við ástand eftir að eldi hefst á svæðinu.

Hiti sjávar mældist 2,2°C þegar úttekt fór fram og pH gildi var 8,33.

Dýpi sýnatökustaða var á bilinu 53 til 64 m, grynnt yst og dýpra eftir því sem innar dró. Setgerð á botni reyndist vera silt á fjórum ytri stöðvunum (SIG1 – SIG4), blandað silt og leir á stöðvum SIG5 og SIG6 og leir á fimm innri stöðvunum (SIG7-SIG11). pH gildi mældust á bilinu 7,36 til 7,76 og var meðaltalsgildið 7,6. Redox gildi var mælt á níu stöðvum, en ekki tókst að mæla á tveimur stöðvum (SIG2 og SIG9). Gildin voru á bilinu 284,2-404,6 mV, Meðaltalsgildi var 345,6 mV.

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 bakteríum 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).

Burstaormar fundust á öllum stöðvum og voru í mestum þéttleika. Krabbadýr fundust á fjórum stöðvum, skeljar á sjö stöðvum. Einnig fannst kuðungur og maðkamóðir.

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

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).

Enginn skítur, fóðurleifar, né gasbólur sáust og uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist ekki. Á einni stöð kom upp ruð með sýni (SIG2).

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

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. Upplýsingar um staðsetningu sýnatökustöðva (LAT, LON), dýpi og setgerð við Sigmundarhús.

| Sýnatökustöð | LAT | LON | Dýpi (m) | Setgerð |
|---------------------|------------|------------|-----------------|----------------|
| SIG1 | 65.032411 | -13.880599 | 53 | Silt |
| SIG2 | 65.032939 | -13.883015 | 55,9 | Silt |
| SIG3 | 65.032612 | -13.885939 | 61 | Silt |
| SIG4 | 65.032878 | -13.887318 | 61,1 | Silt |
| SIG5 | 65.03299 | -13.890117 | 61,4 | Silt og leir |
| SIG6 | 65.032867 | -13.893166 | 62,9 | Silt og leir |
| SIG7 | 65.033373 | -13.894885 | 61,6 | Leir |
| SIG8 | 65.033072 | -13.896711 | 62,6 | Leir |
| SIG9 | 65.033538 | -13.899893 | 61,7 | Leir |
| SIG10 | 65.033592 | -13.901302 | 62,6 | Leir |
| SIG11 | 65.0337 | -13.902973 | 63,8 | Leir |

Viðauki II. Gátlisti – MOMB – B1 og B2

| Gr. | Breyta (Parameter) | Stig (poeng) | Númer sýnis | | | | | | | | | | | Index |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------|---------|----------|----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------|-------|------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| Botngerð (B) mjúk, Hörð (H) | | | B | B | 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 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| II | pH | Mælt gildi | 7,69 | 7,62 | 7,69 | 7,59 | 7,65 | 7,53 | 7,58 | 7,6 | 7,76 | 7,61 | 7,36 | |
| | Eh (mV) | Mælt gildi | 186,6 | EM | 159,5 | 167,9 | 140,6 | 111,5 | 147,3 | 112,3 | EM | 147,5 | 66,2 | |
| | | ref.gildi* | 218 | | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | | 218 | 218 | |
| | pH/Eh | frá mynd D.1** | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | |
| | Ástand sýnis: | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 |
| Ástand flokks (gruppe) II: | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | | Hiti pH buffera (°C): 4,4 | | | Hiti í sjó (°C): 2,2 | | | Hiti í seti (°C): 4,1 | | | | | |
| | | | pH í sjó: 8,33 | | | Eh í sjó: 351,7 | | | Referanseelektrode: | | | | | |
| III | Gasbólur | Já = 4 | | | | | | | | | | | | |
| | | Nei = 0 | 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 | 0 |
| | | Brúnt/svart = 2 | | | | | | | | | | | | |
| | Lykt | Engin = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Vottur = 2 | | | | | | | | | | | | |
| | | Sterk = 4 | | | | | | | | | | | | |
| | Áferð | Þétt=0 | | | | | | | | | | | | |
| | | Mjúk=2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | | Laus = 4 | | | | | | | | | | | | |
| | Rúmmál greipar | < 1/4 = 0 | 0 | | | | | | | 0 | | | | |
| | | 1/4 - 3/4 = 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 1 |
| | | > 3/4 = 2 | | | | | | | | | 2 | | | |
| | Þykkt grots | 0 cm - 2 cm = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 2 cm-8 cm = 1 | | | | | | | | | | | | |
| > 8 cm = 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| Samtals = | | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | | |
| Gildi X | 0,22 | 0,44 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,44 | 0,66 | 0,88 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | |
| Ástand sýnis | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| Ástand flokks (gruppe) III | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| Miðgildi flokka II og III | | | 0,22 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,22 | 0,33 | 0,44 | 0,33 | 0,33 | 0,32 |
| Ástand sýna | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| pH/Eh | Leiðréttingar summa | Index | Miðgildi | Einkunn | | | | | | | | | | |
| | | | | | < 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).

Gátlisti B.2

| Upplýsingar frá sýnatökustað | Sýnatökustaður | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------------------------|-------|------------|-------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Sýnatökustaður (koordinatfestet posisjon)* | SIG 1 | SIG 2 | SIG 3 | SIG 4 | SIG 5F | SIG 6 | SIG 7 | SIG 8 | SIG 9 | SIG 10 | SIG 11 |
| Dýpi (m) | 53 | 55.9 | 61 | 61.1 | 61.4 | 62.9 | 61.6 | 62.6 | 61.7 | 62.6 | 63.8 |
| Fjöldi tilrauna við sýnatöku | 2 | 2 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Loftbólur við sýnatöku | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Setgerð | Leir | | | | X | X | X | X | X | X | X |
| | Silt | X | X | X | X | X | | | | | |
| | Sandur | | | | | | | | | | |
| | möl | | | | | | | | | | |
| | Skeljasandur | | | | | | | | | | |
| Grjótbotn | | | | | | | | | | | |
| Steinbotn | | | | | | | | | | | |
| Skrápdýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Krabbadýr (fjöldi) | | | | 1 | | | | 1 | 2 | 3 | |
| Skeljar (fjöldi) | 2 | | | | 1 | | 2 | 5 | 1 | 1 | 4 |
| Burstaormar (fjöldi) | >50 | >50 | >50 | >50 | >30 | >30 | >20 | >30 | >30 | >30 | >30 |
| Önnur dýr (samtals fjöldi) | | | | Kuðungur 1 | Maðkamóðir 1 | | | | | | |
| Beggiatoa | | | | | | | | | | | |
| Fóður leifar | | | | | | | | | | | |
| Skítur | | | | | | | | | | | |
| Athugasemdir | silt/leir | rusl kom upp með sýni plast tappi | | | Leirkennara en hin fyrri sýni | Meiri leir en silt | | | | | |

* Heiti í GPS tæki

Laxar fiskeldi ehf.
Strandgötu 18
735 Eskifirði

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

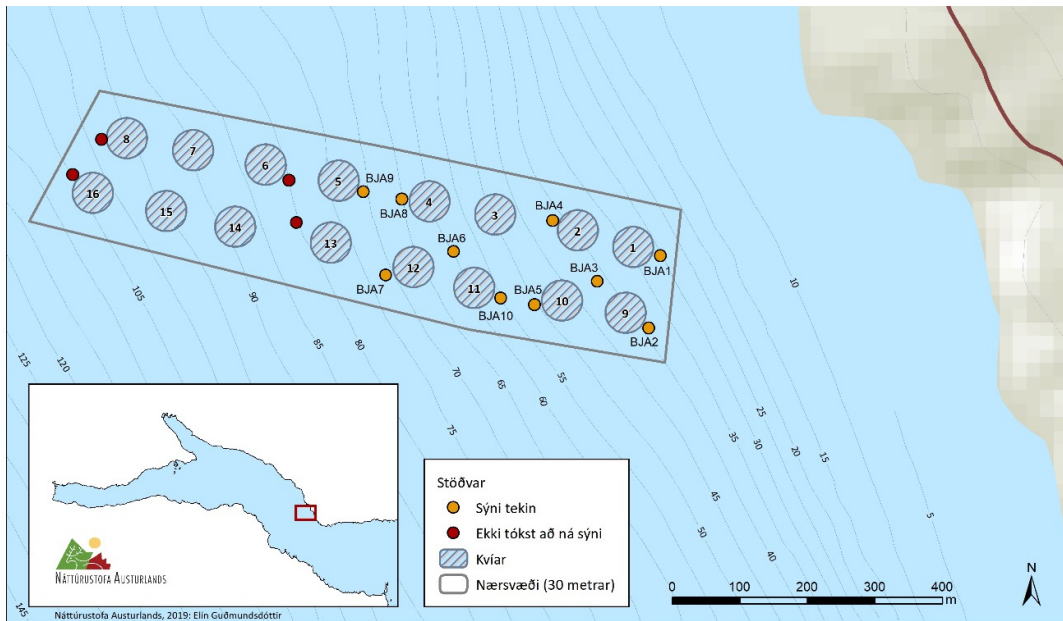
Neskaupstaður 11. september 2019

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 | 0,22 |
| Ástand sýna | | | 1 | 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 | | | | | | | | | | | 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. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu við Gripalda í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM-B).

Laxar fiskeldi ehf.
Sent í tölvupósti á netföngin:
gunnar@laxar.is og kristjan@laxar.is

Neskaupstaður 19. nóvember 2018

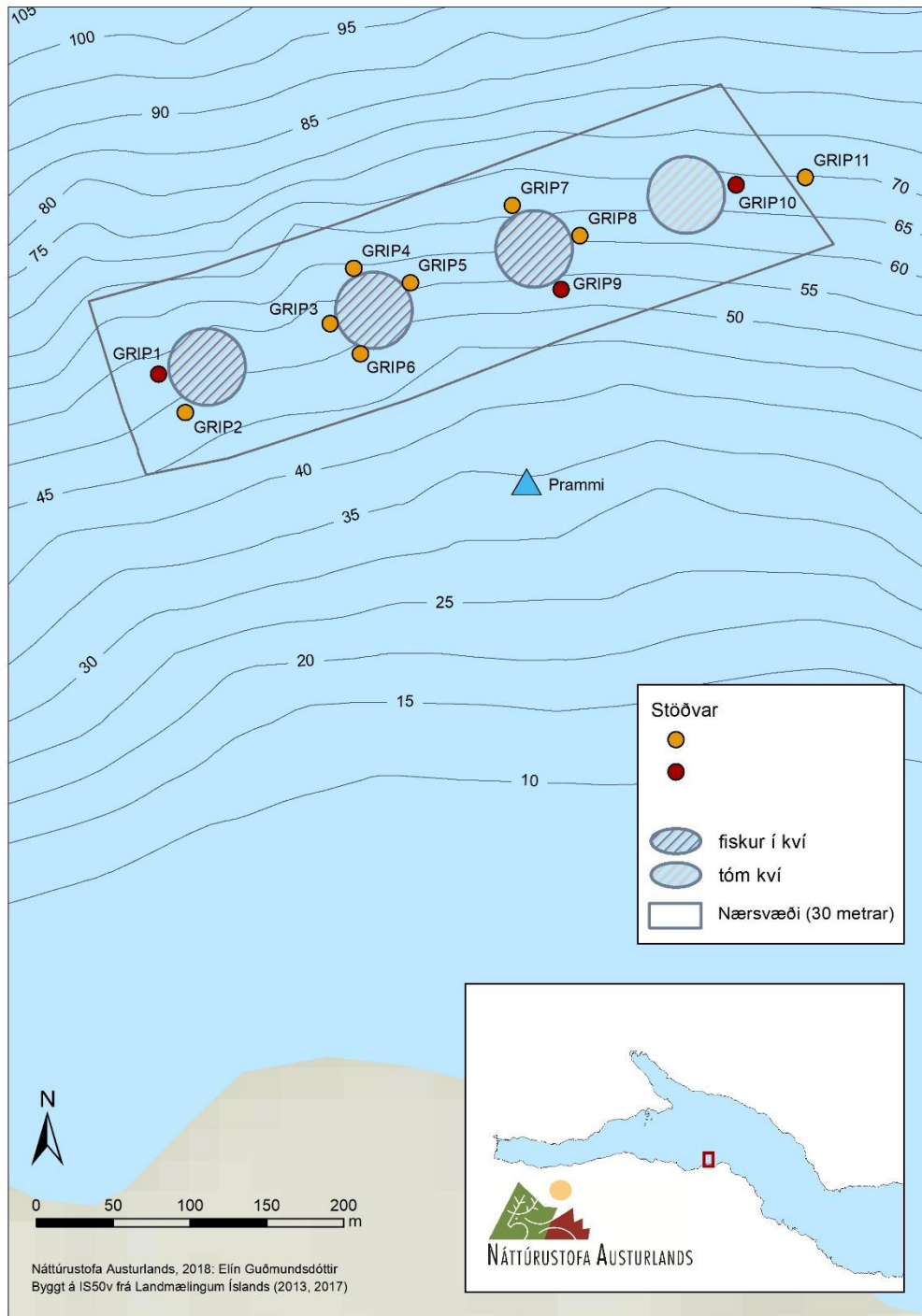
Efni: Niðurstöður vöktunar á botnseti á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripaldi við hámark lífmassa.

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði (MOMB) fiskeldissvæðisins við Gripaldi í Reyðarfirði 8. nóvember 2018. Eldi hefur verið á svæðinu frá því í júní árið 2017 eða í 18 mánuði og var lífmassi um 1.500 tonn í þremur kvíum (1. mynd) þegar sýnataka fór fram. Áætlað var að slátrun færi fram 20. nóvember. Í mars stóð lífmassinn í 759.485 kg og var þá fiskur í 6 kvíum en þá var slátrað var úr þremur kvíum og voru tvær fjarlægðar af svæðinu. Farið var bátnum Sögu í eigu Laxar fiskeldis. Fremur hvasst var í veðri og rigning á köflum.

Aðferðir

Nærsvæði fiskeldissvæðisins við Gripaldi er skilgreint sem 30 m svæði út frá kvíum sem í var fiskur. Innan nærsvæðis voru tíu sýnatökustöðvar (GRIP1 – GRIP10). Til að kanna hvort áhrifa frá eldinu gætti út fyrir nærsvæðið var ein sýnatökustöð (GRIP11) utan nærsvæðisins í um 30 m frá tómrí kví (1. mynd).

Erfiðlega gekk að ná sýnum sökum þess hversu grýttur botninn var og mikill straumur. Fjöldi tilrauna við sýnatöku voru allt frá einni tilraun og upp í átta (Viðauki I). Skynmat og aðrar mælingar voru gerðar á átta stöðvum (GRIP2-GRIP8) innan nærsvæðis og á stöð GRIP11 utan svæðisins. Á stöð GRIP9 var einungis hægt að gera skynmat þar sem mikið var af steinum í sýni. Á stöðvum GRIP1 og GRIP10 komu einungis steinar upp við sýnatöku og því hvorki hægt að mæla né gera skynmat. Hnit allra sýnatökustöðva eru sýnd í Tafla 2. Sýnataka var unnin eftir ISO staðli 12878:2012 um umhverfissvöktun 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 umhverfissvöktun á áhrifum fiskeldis í sjó á sjávarbotn (Standard Norge, 2016).



1. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Sigmundarhús í Reyðarfirði. (kortagögn frá Landmælingum Ísland og Landhelgisgæslunni). Gulir hringir tákna stöðvar þar sem skynmat og aðrar mælingar voru framkvæmdar en rauðir hringir tákna stöðvar þar sem ekki var hægt að gera mælingar og/eða skynmat.

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. Rafskauti 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 finndist 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 1 mm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka. Dýr sem sáust voru talin gróflega og greind í helstu flokka þ.e. bustaormar, krabbadýr, skeljar og skrápdyr 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 og umræður

Allir flokkar í úttekt á ástandi botns innan eldissvæðis við Gripaldi fengu einkunnina 1 eða *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins að sama skapi 1 eða *mjög gott*. Redox gildin gáfu þó vísbendingu um að hnignun sé á bakteríum og botndýrum sem brjóta niður lífrænar leifar í setinu. Meðaltal redox gilda í nærsvæði (GRIP2-GRIP8) reyndist vera 66,0 mV (spönn 29,8-182,2 mV) en á sýnatökustað sem var utan 30 m radíus (GRIP11) frá kvíunum var gildið 260 mV (Tafla 1 og 1. mynd). Sýrustig var svipað á öllum stöðvum og var meðaltalsgildið 7,6 (spönn 7,57-7,80).

Redox mælingar mæla oxunargetu (oxunar- afoxunarspennu í seti sem gefur upplýsingar um ástand þess. 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).

Ekki eru til bakgrunns mælingar á redox gildum í seti við Gripaldi en til samanburðar má geta þess að við grunnrannsókn á fiskeldissvæðinu við Sigmundarhús var meðaltal redox gilda 345,6 mV (spönn 284,2-404,6 mV) og eru gildin við Gripaldi mun lægri en þau.

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

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 1. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH) og redox gildum ($E_{mælt}$) í setsýnum á átta stöðum á fiskeldissvæðinu við Gripaldi þann 8. nóvember 2018. 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) | | | Ástand í seti* |
|---------|------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| | | Mælt gildi ($E_{mælt}$) | Uppgefið gildi ($E_{ref.pot}$) | Umreiknuð gildi (E_{SHE}) | |
| GRIP1 | EM | EM | | | |
| GRIP2 | 7,57 | -35,8 | 218 | 182,2 | Bakgrunnsgildi |
| GRIP3 | 7,58 | -167,3 | 218 | 50,7 | Vísbending um hnignun |
| GRIP4 | 7,57 | -175,2 | 218 | 42,8 | Vísbending um hnignun |
| GRIP5 | 7,58 | -153,4 | 218 | 64,6 | Vísbending um hnignun |
| GRIP6 | 7,66 | -184,1 | 218 | 33,9 | Vísbending um hnignun |
| GRIP7 | 7,80 | -160,1 | 218 | 57,9 | Vísbending um hnignun |
| GRIP8 | 7,57 | -188,2 | 218 | 29,8 | Vísbending um hnignun |
| GRIP9 | EM | EM | | | |
| GRIP10 | EM | EM | | | |
| GRIP11 | 7,28 | 42,0 | 218 | 260,0 | Bakgrunnsgildi |

*Hargarve o.fl. 2008

Hiti sjávar mældist 5,4°C þegar úttekt fór fram, pH gildi var 8,21, redox gildi í sjó var 321,2 (mV) og hiti í seti var 5,0°C.

Dýpi á sýnatökustöðum var á bilinu 47 til 71 m, grynnt við innstu kúna og dýpra eftir því sem utar dró. Vottur af lykt fannst í tveimur sýnum (GRIP3 og GRIP6). Setgerð á botni reyndist vera blanda af silti og sandi á öllum stöðvum nema á dýpstu stöðinni þar var leir og silt og á GRIP9 þar sem var eingöngu sandur. Skeljabrot voru í öllum sýnum og á sumum stöðvum voru einnig steinar í setinu.. Setgerðin var í öllum tilvikum brún/svört og þétt. Burstaormar sáust í öllum sýnum en voru þó ekki í miklum þéttleika, einnig sáust skeljar á tveimur stöðum og krabbadýr á einni stöð (Tafla 2).

Tafla 2. Hnit og lýsing á botnsýnum á þeim 11 stöðum sem sýni voru tekin af botni á fiskeldissvæðinu við Gripaldi 8. nóvember 2018. EM táknar ekki mælt.

| Staðs. | Hnit | | Dýpi | Lykt | Setgerð | Litur/áferð | Sjánleg dýr |
|--------|------------|------------|------|--------|-------------------|-----------------|--------------------------|
| | Lat | Long | | | | | |
| GRIP1 | 65°00.7190 | 13°56.9630 | 53 | EM | Steinar | EM | EM |
| GRIP2 | 65°00.6910 | 13°56.9678 | 47 | Engin | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstaormar og pípur |
| GRIP3 | 65°00.7350 | 13°56.8229 | 56 | vottur | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstormar og skel |
| GRIP4 | 65°00.7504 | 13°56.8011 | 63 | Engin | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstaormar og skel |
| GRIP5 | 65°00.7394 | 13°56.7515 | 57 | Engin | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstaormar |
| GRIP6 | 65°00.7226 | 13°56.7965 | 51 | vottur | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstaormar |
| GRIP7 | 65°00.7677 | 13°56.6612 | 69 | Engin | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstaormar |
| GRIP8 | 65°00.756 | 13°56.61 | EM | Engin | Sandur og silt | Brún svört/þétt | Burstaormar |
| GRIP9 | 65°00.7382 | 13°56.6300 | 53 | Engin | Sandur og steinar | Brún svört/þétt | Burstaormar |
| GRIP10 | 65°00.7699 | 13°56.478 | 69 | EM | Steinar | EM | EM |
| GRIP11 | 65°00.7734 | 13°56.4414 | 71 | Engin | Silt og leir | Brún svört/þétt | Burstaormar og krabbadýr |

Á stöð GRIP6 saúst leifar af fóðri eða dauðum fiski. Ekki var unnt að greina það nánar, en það var skráð sem fóður.

Nánar má sjá niðurstöður fyrir alla þætti hverrar sýnatökustöðvar í viðauka I.

Lokaorð

Ástand fiskeldissvæðisins við Gripaldi var *mjög gott* samkvæmt skynmati og mælingum. Samkvæmt norska staðlinum (Standard Norge, 2016) er ekki þörf á að næsta sýnataka verði gerð fyrr en við hámark lífmassa næstu kynslóðar. Vísbendingar eru þó um að hnignun sé á botndýrafánu og bakteríum á botni (redox <100 mV) í nærsvæði eldis-svæðisins. Þótt svæðið hafi fengið einkunnina *mjög gott* væri afar gagnlegt að sjá hverjar niðurstöður sömu þátta verða eftir hvíldartíma áður en næsta kynslóð verður sett út. Einkum í ljósi þess að svæðið er nýtt og ekki vitað hversu hratt botndýrafánan jafnar sig. Ef niðurstöður mælinga eftir hvíldartíma þessarar kynslóðar sýna að redox gildi hafi hækkað og burstaormum og öðrum botndýrum hafi fjölgað er ekki þörf á því að gera mælingar eftir hvíldartíma næstu kynslóðar þ.e.a.s. ef svæðið fær aftur einkunnina *mjög gott* við úttekt við hámark lífmassa næstu kynslóðar.

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 | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|-------|-----------------|----------------------|---------------------------------|--------|-----------------------|--------|------|------------------------|----------|-------|-------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | |
| Botngerð (B) mjúk, Hörð (H) | | | H | B | B | B | B | B | B | B | B | H | H | B | |
| I | Dýr | Já=0, Nei=1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | pH | Mælt gildi | | 7.57 | 7.58 | 7.57 | 7.58 | 7.66 | 7.80 | 7.57 | EM | EM | 7.28 | | |
| II | Eh (mV) | Mælt gildi | | -35.8 | -167.3 | -175.2 | -153.4 | -184.1 | -160.1 | -188.2 | | | 42 | | |
| | | ref.gildi* | | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | | | 218 | | |
| | pH/Eh | frá mynd D.1** | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 0 | | 0.86 |
| Ástand sýnis: | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| Ástand flokks (gruppe) II: | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | | | Hiti buffera(°C): 5,6 | | | Hiti í sjó (°C): 5,4 | | | Hiti í seti (°C): 5,0 | | | | | | |
| | | | pH í sjó: 8,21 | | Eh í sjó: 103.2 | | Referanselektrode: ORP standard | | | | | | | | |
| III | Gasbólur | Já = 4 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nei = 0 | | | | | | | | | | | | | |
| | Litur | Ljós/grá = 0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Brúnt/svart = 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | | |
| | Lykt | Engin = 0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Vottur = 2 | | | 2 | | | 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 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| | | 1/4 - 3/4 = 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | > 3/4 = 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | Þykkt grots | 0 cm - 2 cm = 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 |
| | | 2 cm-8 cm = 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | > 8 cm = 2 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Samtals = | | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | |
| | Leiðréttingargildi | x0.22 | | 0.44 | 0.88 | 0.44 | 0.44 | 0.88 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | 0.44 | | 0.44 | 0.57 |
| Ástand sýnis | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | |
| Ástand flokks (gruppe) III | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| Meðaltal flokka II og III | | | | 0.22 | 0.94 | 0.72 | 0.72 | 0.94 | 0.72 | 0.72 | | | 0.44 | | 0.71 |
| Ástand sýna | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | |
| | pH/Eh | Leiðréttingargildi | 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.mai 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).

Gátlisti B.2

| Upplýsingar frá sýnatökustað | Sýnatökustaður | | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|------------|--------------------|---------|--------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Sýnatökustaður | GRIP1 | GRIP2 | GRIP3 | GRIP4 | GRIP5 | GRIP6 | GRIP7 | GRIP8 | GRIP9 | GRIP10 | GRIP11 |
| Dýpi (m) | 53 | 46.6 | 56 | 62.9 | 56.5 | 51.4 | 68.8 | | 53.2 | 69.3 | 70.9 |
| Fjöldi tilrauna við sýnatöku | 4 | 4 | 3 | 2 | 6 | 1 | 4 | 1 | 5 | 8 | 3 |
| Loftbólur við sýnatöku | | | | | | | | | | | |
| Setgerð | Leir | | | | | | | | | | X |
| | Silt | | X | X | X | X | | X | X | | X |
| | Sandur | | X | X | X | X | X | X | X | | |
| | möl | | | X | | | | | | | |
| | Skeljasandur | | | | | | | | | | |
| Grjótbotn | | | | | | | | | | | |
| Steinbotn | X | | | | | | | | X | | |
| Skrápdýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Krabbadýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | 1 |
| Skeljar (fjöldi) | | | 1 | 1 | | | | | | | |
| Burstaormar (fjöldi) | | 50 | 20-30 | 10-20 | 20 | 10 | 10 | 10-20 | 10-20 | | 10-20 |
| Önnur dýr (samtals fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Athugasemdir | | Skeljabrot | Skeljabrot/steinar | Skeljabrot | Skeljabrot/steinar | Skeljabrot | Skeljabrot | Skeljabrot/steinar | Steinar | | Skeljabrot |
| Beggiatoa | | | | | | | | | | | |
| Fóður leifar | | | | | | X | | | | | |
| Skítur | | | | | | | | | | | |
| Athugasemdir | | | | | | | | | | | |

* Heiti í GPS tæki

Viðauki III. Rannsóknir á botnseti í sjó á fiskeldissvæðinu við Sigmundarhús í Reyðarfirði. Niðurstöður nærsvæðisvöktunar (MOM-B).

Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa
á fiskeldissvæði við Sigmundarhús í Reyðarfirði

Erlín Emma Jóhannsdóttir
Unnið fyrir Laxar fiskeldi ehf.

NA-190190
Neskaupstaður
Október 2019

| | | |
|--|--|---|
|  NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS | | Egilsstaðir ✓ Neskaupstaður |
| Skýrsla nr: NA-190190 | Dags (mánuður, ár): Október 2019 | Dreifing: Lokuð |
| Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Rannsóknir á botnseti í sjó við hámark lífmassa á fiskeldissvæðinu við Sigmundarhús í Reyðarfirði | | Upplag: 3 Síðufjöldi: 14 Fjöldi korta: Fjöldi viðauka: 3 |
| Höfundur: Erlín Emma Jóhannsdóttir | | |
| Unnið fyrir: Laxar fiskeldi ehf. | | |
| Útdráttur: <p>Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands rannsóknir á botnseti á nærsvæði fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús í Reyðarfirði við hámark lífmassa. Niðurstöður þeirrar rannsókna gáfu tilefni til að virkja vöktun á sniði út fyrir nærsvæði fiskeldisins til að kanna möguleg áhrif. 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) og fjórum stöðum á sniði í meiri fjarlægð. Eitt sýni var tekið á hverjum stað í nærsvæðinu en fjögur sýni á hverjum stað í sniðvöktun. 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) fyrir nærsvæðisvöktun en sýnin fyrir sniðvöktun voru varðveitt í geymsluvökva til úrvinnslu síðar. Eitt sýni var auk þess tekið á hverri staðsetningu í sniðvöktun til efnagreininga á lífrænu kolefni, heildar köfnunarefni, og heildarmagni lífrænna leifa. 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>. Tíu af fimmtán sýnum fékk einkunnina tvo og eitt sýni fékk einkunnina einn sem telst <i>mjög gott</i>. Á fjórum stöðum mátti greina að uppsöfnun lífrænna leifa var nokkuð mikil og fengu þrjú sýni einkunnina þrjá sem telst <i>slæmt</i> ástand og eitt sýni fékk einkunnina fjóra sem telst <i>mjög slæmt</i> ástand. Lykt af brennisteinsvetni fannst af öllum sýnum og var litur setsins brúnt eða svart. Gasbólur og hvít skán sást í einu sýni. Burstaormar sáust í öllum sýnum nema tveimur en þar sáust engin dýr. Niðurstöður sniðvöktunarinnar sýndu að uppsöfnun lífrænna leifa er staðbundin og fengu þau sýni sem tekin voru út fyrir nærsvæðið einn í einkunn en sýnið sem var í 25 m fjarlægð frá kvíum fékk tvo í einkunn.</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 gildi mældust marktækt lægri við hámark lífmassa, litur og áferð setsins hefur breyst og burstorum og öðrum dýrum hefur fækkað.</p> | | |
| Lykilorð: Sigmundarhús, hámark lífmassa, vöktun, nærsvæði, snið, botnset, sýni | | ISSN nr: ISSN 2547-7439 (prentuð útgáfa) ISSN 2547-7447 (rafræn útgáfa) |
| Yfirfarið: KÁ, HÁ | | ISBN nr: 978-9935-9456-8-6 (prentuð útgáfa) 978-9935-9456-9-3 (rafræn útgáfa) |

Efnisyfirlit

| | |
|-----------------------------------|----|
| Myndaskrá..... | 5 |
| Töfluskrá..... | 5 |
| Inngangur | 6 |
| Aðferðir | 6 |
| Sýnataka | 6 |
| Útreikningar á redox gildum | 8 |
| Töluleg úrvinnsla | 8 |
| Niðurstöður og umræður | 8 |
| Lokaorð..... | 12 |
| Heimildir | 14 |

Myndaskrá

1. mynd. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Sigmundahús í Reyðarfirði. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni)..... 7
2. mynd. Gasbólur og hvít skán (Beggiatoa) í sýni við kví 10. (Ljós: EEJ) 9
4. mynd. Redox gildi í bontseti við Sigmundarhús í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (5.300 tonn). 12
5. mynd. Gildi pH í botnseti við Sigmundarhús í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa. 12

Töfluskrá

- Tafla 1. Hnit og lýsing á fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, SIG1–SIG15) og fjórum sýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús 28. ágúst og 3. september 2019..... 10
- Tafla 2. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH) og redox gildum ($E_{mælt}$) í fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, SIG1–SIG15) og fjórum sýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús..... 11

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 síðan 18. maí 2018 eða í svæðinu 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 tæma stöðina fyrir lok maí 2020 og fer svæðið þá í hvíld (Kristján Ingimarsson, tölvupóstur, 30. september 2019). Niðurstöður nærsvæðis rannsókna leiddu í ljós að heildareinkunn fyrir svæðið var lakara en *mjög 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 3. september 2019.

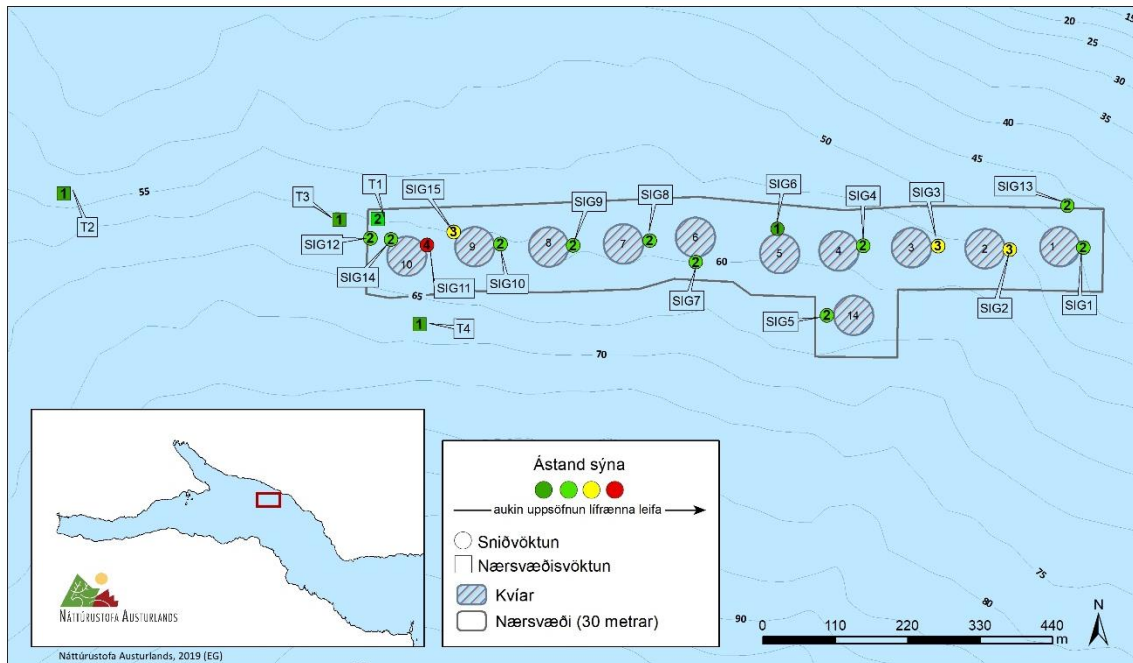
Hér er gerð grein fyrir niðurstöðum rannsókna á nærsvæði (MOM-B) og hluta niðurstaðna á sniði (MOM-C). Ekki er búið að greina smádyr úr sýnum sem tekin voru á sniði né heldur mæla styrk lífræns kolefnis (TOC), heildar köfnunarefnis (TN) og heildarmagn lífrænna leifa (LOI) líkt og kveðið er á um í vöktunar samningnum. Niðurstöður við hámark lífmassa eru bornar saman við bakgrunns rannsóknir sem fóru fram við Sigmundarhús þann 9. maí 2018 áður en fiskur var settur í kvíar og má finna niðurstöður þeirrar athugunar í viðauka II.

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

Aðferðir

Sýnataka

Sýni voru tekin á fimmtán stöðvum í nærsvæði (MOM-B) eldissvæðisins við Sigmundarhús og fjórum stöðvum í sniðvöktun (MOM-C). Staðsetning stöðva var dreift þannig að þær gæfu sem besta mynd af öllu svæðinu, bæði við kvíar og allt upp í 30 metra fjarlægð frá þeim (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 Sigmundahús í Reyðarfirði. (Kortagögn frá Landmælingum Íslands og Landhelgisgæslunni).

Botnsýni voru tekin með Van Veen botngreip (250 cm²). Við sýnatökur á nærsvæði (MOM-B) var eitt sýni 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) fyndist af setinu, hvernig litur þess var, setgerð, þéttleiki sets og þykkt mögulegs uppsafnaðs grots. Kannað var hvort fóðurleifar eða skítur sæist í sýni, hvort gasbólur sæjust og hvort hvít skán væri á yfirborði setsins (Beggiatoa). Einnig var rúmmál greipar skráð. Að mælingum og skynmati loknu var hvert sýni sigtað á staðnum með 500 µm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka. Dýr sem sáust voru talin gróflega og greind í helstu flokka þ.e. burstaormar, krabbadýr, skeljar og skrápdýr og var stækkunargler notað til hjálpar.

Við söfnun sýna í sniðvöktun (MOM-C) voru fjögur sýni tekin á hverjum stað, þrjú til tegundagreiningar og eitt til efnagreiningar. Sýni til tegundagreiningar voru sigtuð á staðnum með 0,5 mm sigti og þeim komið fyrir í hæfilega stórum sýnadollum. Því næst er 10% formalíni hellt á þau ásamt boraxi til að koma í veg fyrir að kalkhlutar lífvera leysist upp. Eftir nokkra daga var formalíninu hellt af sýnunum og 70% etanóli bætt á þau og þau geymd þar til unnið verður úr þeim. Eitt sýni, af þessum þremur sýnum, á hverri stöð var meðhöndlað eins og gert var við vöktun á nærsvæðum og lýst hefur verið að framan áður en það er sigtað. 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 efnagreininga á lífrænu kolefni (TOC), heildar köfnunarefni (TN) og heildarmagni lífrænna leifa (LOI).

Allar niðurstöður voru skráðar á staðlaðan gátlista¹ (sjá viðauka II) og fékk hver þáttur sem kannaður var ákveðið gildi. Gildi allra þátta sem kannaðir voru í sýnunum 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).

Útreikningar á redox gildum

Redox mælingar í botnseti gefa upplýsingar um ástand sets og mæla oxunargetu 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 er meiri því minni verður oxunargetan í setinu og redox gildi mælast lægri. Redox gildi (umreiknuð, E_{SHE}) hærrí en +100 mV teljast bakgrunns gildi og endurspegla eðlilegt ástand sets. Gildi á bilinu +100 til -50 mV gefa vísbendingu um að hnignun sé á bakteríum og botndýrum sem brjóta niður lífrænar leifar í setinu. Gildi á bilinu -50 til -150 mV gefa til kynna að þónokkur 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).

Töluleg úrvinnsla

Að undangengnum prófum á normal-dreifingu varparað t-próf (e. paired t-test) notað til þess að greina hvort marktækur munur væri á umreiknuðum redox gildum og pH gildum milli áranna 2018 (bakgrunns athugun) og 2019.

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

Niðurstöður og umræður

Niðurstöður mældra gilda og skynmats í nærsvæðisathugun (MOM-B) sýndi að 10 af fimmtán sýnum fengu einkunnina 2 sem telst *gott* ástand. Þrjú sýni fengu 3 í einkunn sem telst *slæmt* ástand, eitt sýni fékk einkunnina 1 sem telst *mjög gott* ástand og eitt sýni fékk einkunnina 4 sem telst *mjög slæmt* ástand (1. mynd). 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 var sýni tekið við hverja kví og í sumum tilfellum 2 sýni (við kvíar 9 og 10) og einnig fjær kvíum.

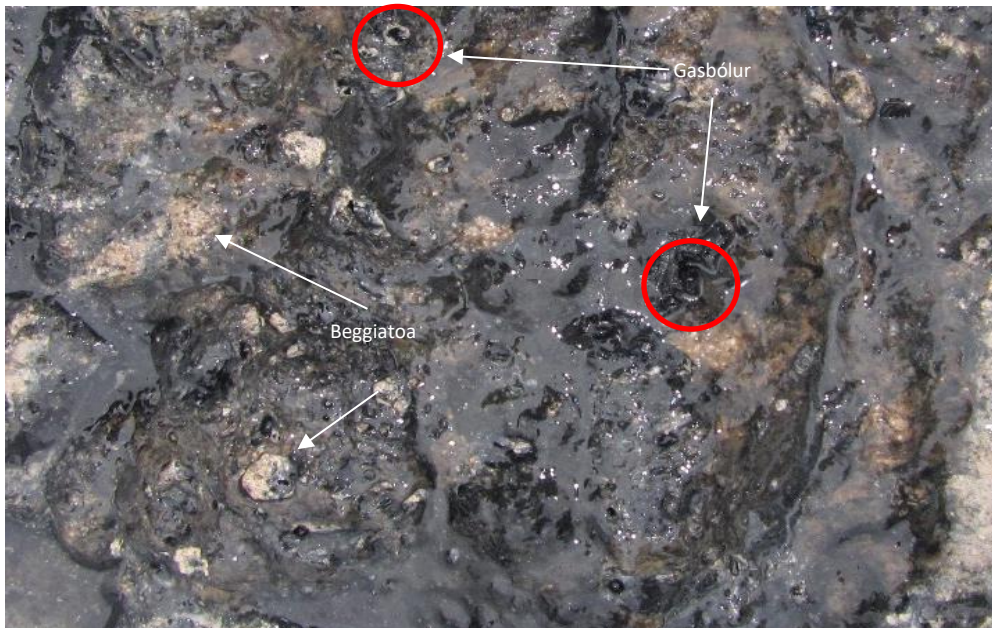
¹ Gátlisti úr norska staðlinum (Standard Norge, 2016).

Við sniðvöktun (MOM-C) fékk sýni T1, sem er í 25 m fjarlægð frá kví 10 sem fékk verstu einkunn í nærsvæðis vöktun, tvo í einkunn sem telst *gott* en önnur sýni sem voru í meiri fjarlægð (55–500 m) fengu 1 sem er *mjög gott* ástand og var heildareinkunn sniðvöktunar *mjög gott* (1. mynd).

Dýpi sýnatökustöðva var á bilinu 51 til 64 m í nærsvæðisvöktun (MOM-B), grynnt við kví 1 nær landi og dýpst við kví 10 fjær landi (1. mynd). Dýpi sýnatökustöðva í sniðvöktun (MOM-C) var 54–70 m, grynnt við sýnatökupunkt T2 en dýpst á sýnatökupunkt T4. Setgerð á botni reyndist leir á öllum stöðvum.

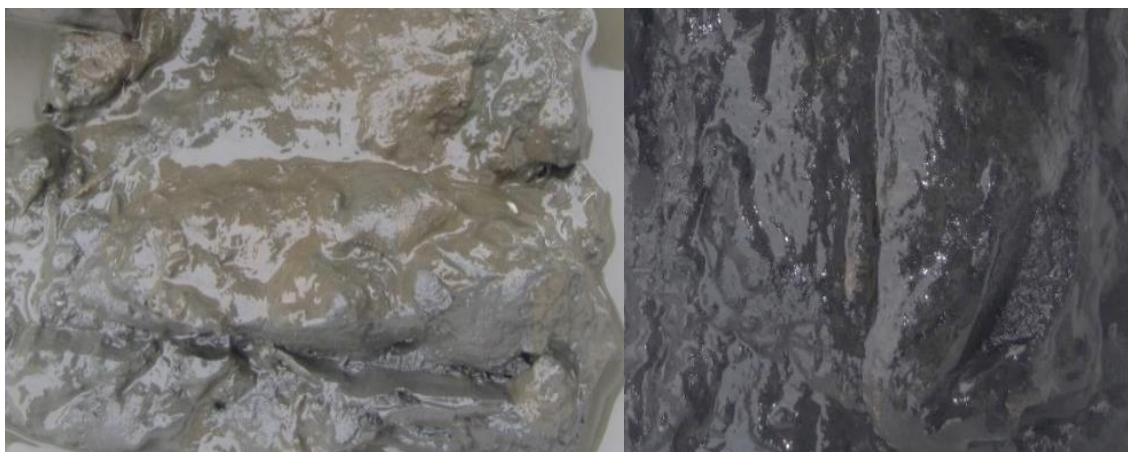
Burstaormar sáust í öllum sýnum nema tveimur við kví 9 og 10 (SIG11 og SIG15) en þar sáust engin dýr. Við hámark lífmassa voru flest sýni (73%) með færri en tíu burstaorma í sýni en í bakgrunns athugunum voru þeir oftast fleiri en þrjátíu í sýni. Í bakgrunns athugunum fundust einnig krabbadýr í fjórum sýnum og skeljar í sjö sýnum en einungis fannst lifandi skel í einu sýni (SG1) við hámark lífmassa (Tafla 1 og viðauki III). Greint verður nánar frá tegundasamsetningu og fjölda einstaklinga fyrir sniðvöktunina þegar búið verður að vinna úr þeim sýnum.

Fóðurleifar sáust í sýnum SIG1–SIG5 og SIG8–SIG11, gasbólur sáust í sýni við kví 10 (SIG11) sem og hvít skán af bakteríum (*Beggiatoa*) sem lifa við súrefnisfirrtar aðstæður (2. mynd). Uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist í tveimur sýnum við SIG11 og SIG15. Lykt af brenni-steinsvetni (H_2S) fannst af öllum sýnum í nærsvæðisvöktun og af sýni T1 í sniðvöktun en engin lykt fannst af sýnum T2, T3 og T4 (Tafla 1).



2. mynd. Gasbólur og hvít skán (*Beggiatoa*) í sýni við kví 10. (Ljós: EEJ)

Samanburður á myndum frá bakgrunns athugunum sýna að veruleg 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 hlaupkennd.



3. mynd. Útlit botnssets við Sigmundarhús í bakgrunns athugunum í maí 2018 (t.v.) og við hámark lífmassa í ágúst 2019 (t.h.). (Ljós. t.v. GÓ, t.h. EEJ).

Tafla 1. Hnit og lýsing á fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, SIG1–SIG15) og fjórum sýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús 28. ágúst og 3. september 2019.

| Stöðvar | Hnit | | Dýpi | Lykt af H ₂ S | Setgerð | Litur og áferð | Sjánleg dýr |
|---------|----------|-----------|------|--------------------------|---------|------------------|-------------------|
| | Lat | Long | | | | | |
| SIG1 | 65,03261 | -13,88033 | 51 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar, skel |
| SIG2 | 65,03267 | -13,88270 | 58 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG3 | 65,03279 | -13,88499 | 59 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG4 | 65,03288 | -13,88740 | 59 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG5 | 65,03198 | -13,88874 | 64 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG6 | 65,03320 | -13,89010 | 58 | Vottur | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG7 | 65,03284 | -13,89281 | 62 | Vottur | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG8 | 65,03318 | -13,89424 | 62 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG9 | 65,03320 | -13,89672 | 63 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG10 | 65,03330 | -13,89904 | 61 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstaormar |
| SIG11 | 65,03337 | -13,90141 | 64 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Engin |
| SIG12 | 65,03352 | -13,90321 | 62 | Vottur | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstormar |
| SIG13 | 65,03320 | -13,88072 | 47 | Vottur | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstormar |
| SIG14 | 65,03348 | -13,90255 | 64 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Burstormar |
| SIG15 | 65,03352 | -13,90052 | 62 | Sterk | Leir | Brún/svört, mjúk | Engin |
| T1 | 65,03377 | -13,90291 | 61 | Vottur | Leir | Brún/svört, mjúk | NA |
| T2 | 65,03446 | -13,91294 | 54 | Engin | Leir | Ljós/grá, þétt | NA |
| T3 | 65,03381 | -13,90416 | 61 | Engin | Leir | Brún/svört, mjúk | NA |
| T4 | 65,03230 | -13,90184 | 69 | Engin | Leir | Ljós/grá, þétt | NA |

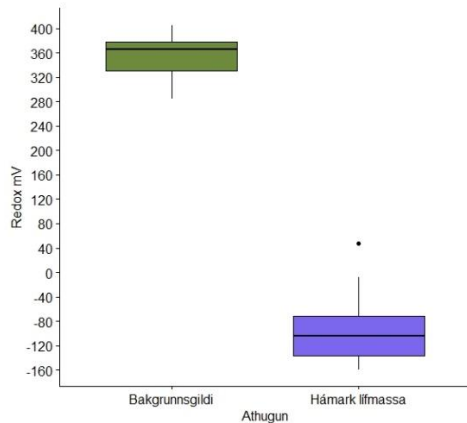
NA; Nákvæm tegundagreining í samræmi við aðferðafræðivið úttekt á snið berst síðar.

Gildi pH í nærsvæðisvöktun mældust á bilinu 6,97 til 8,17 og var meðaltalsgildið 7,42. Meðaltal mældra redox-gilda var -96 mV (spönn -159 til 48) og voru gildin lægst þar sem ástand sýna var *slæmt* eða *mjög slæmt* (Tafla 2). Í sniðvöktun mældist pH á bilinu 7,18 til 7,42 og redox-gildi á bilinu -26 til 188 þar sem lægsta gildið mældist í 25 m fjarlægð frá kví 10 (T1) en hæsta gildið í 500 m fjarlægð frá kví (Tafla 2).

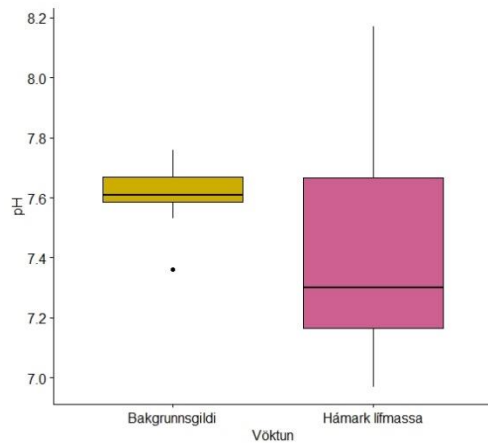
Tafla 2. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH) og redox gildum ($E_{mælt}$) í fimmtán botnsýnum úr nærsvæðisvöktun (MOM-B, SIG1–SIG15) og fjórum sýnum úr sniðvöktun (MOM-C, T1–T4) við Sigmundarhús þann 29. ágúst og 3.september 2019. Auk þess er gefið upp gildi ($E_{ref.pot}$) sem fylgir með redox-nemanum (Thermo Fisher Scientific inc., 2007) og þarf að bæta við mældu redox-gildið og er sú tala háð hita í setinu. Umreiknuð gildi (E_{SHE}) fást með jöfnunni $E_{SHE}=E_{mælt}+E_{ref.pot}$.

| Stöðvar | Kví nr. | Fjarlægð frá kví | pH | Redox (mV) | | Umreiknuð gildi (E_{SHE}) |
|---------|---------|------------------|------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| | | | | Mælt gildi ($E_{mælt}$) | Uppgefið gildi ($E_{ref.pot}$) | |
| SIG1 | 1 | 0 | 7,15 | -320,2 | 218 | -102 |
| SIG2 | 2 | 0 | 7,23 | -319,3 | 218 | -101 |
| SIG3 | 3 | 0 | 6,98 | -335,4 | 218 | -117 |
| SIG4 | 4 | 0 | 7,71 | -354,6 | 218 | -137 |
| SIG5 | 14 | 0 | 7,18 | -338,1 | 218 | -120 |
| SIG6 | 5 | 0 | 7,4 | -170,0 | 218 | 48 |
| SIG7 | 6 | 0 | 7,99 | -288,1 | 218 | -70 |
| SIG8 | 7 | 0 | 7,3 | -290,4 | 218 | -72 |
| SIG9 | 8 | 0 | 7,62 | -322,5 | 218 | -105 |
| SIG10 | 9 | 0 | 7,19 | -354,7 | 218 | -137 |
| SIG11 | 10 | 0 | 6,99 | -377,1 | 218 | -159 |
| SIG12 | 10 | 25 | 7,45 | -287,6 | 218 | -70 |
| SIG13 | 1 | 25 | 8,17 | -225,5 | 218 | -8 |
| SIG14 | 9 | 0 | 7,93 | -357,7 | 218 | -140 |
| SIG15 | 9 | 0 | 6,97 | -365,0 | 218 | -147 |
| T1 | | 25 | 7,42 | -244,3 | 218 | -26 |
| T3 | | 55 | 7,18 | -172,0 | 218 | 46 |
| T2 | | 500 | 7,36 | -29,6 | 218 | 188 |
| T4 | | 100 | 7,26 | -55,7 | 218 | 162 |

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 345,6 mV (spönn 284,2–404,6 mV) (4. mynd). Meðaltal pH gilda í botnseti var 7,61 í bakgrunns athugunum (spönn 7,36–7,76). Gildin voru mun breytilegri við hámark lífmassa og mældust að meðaltali lægri (7,42) en ekki reyndist marktækur munur á pH gildum milli athugana (Mann-Whitney; $p=0,11$) (5. mynd).



4. mynd. Redox gildi í bontseti við Sigmundarhús í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa (5.300 tonn).



5. mynd. Gildi pH í botnseti við Sigmundarhús í bakgrunns athugunum og við hámark lífmassa.

Nánar má sjá niðurstöður fyrir alla þætti hversrar sýnatökustöðva í nærsvæðis vöktun (MOM-B) í viðauka I og fyrir sniðvöktun (MOM-C) í viðauka II.

Lokaorð

Ástand fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús við hámark lífmassa var í heildina *gott* samkvæmt skynmati og mælingum. Á meðan þeir burstaormar sem fundust á svæðinu eru enn til staðar viðhalda þeir niðurbroti á lífrænum leifum sem er jákvætt. Í sýni við kví 10 (SIG11) er uppsöfnun lífrænna leifa mikil og öll dýr horfin þar og er *mjög slæmt* ástand þar. Hugsanlega er dæld þar sem fóðurleifar og skítur safnast fyrir í miklu magni undir þeirri kví. Niðurstöður sniðvöktunarinnar (MOM-C) gefa þó til kynna að uppsöfnun lífrænna leifa sé mjög staðbundin og voru gildi redox mælinga og skynmats í sýnum í 55, 100 og 500 m fjarlægð frá eldissvæðinu líkt og má búast við í bakgrunns mælingum þ.e. redox gildi yfir 100 mV, engin lykt af brennisteinsvetni og sýni ljósari. Þar sem niðurstöður nærsvæðis vöktunarinnar sýna að ástand botnsets á eldissvæðisinu er lakara en *mjög gott* verður sýnataka 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. Sú sýnataka yrði hins vegar umfangsminni og myndi miða að því að fylgjast frekar með þeim svæðum sem komu verst út í þessum sýnatökum.

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.
- 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).
- 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>
- 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 – MOM-B, B1 og B2

| Gr. | Breyta | Stig | Númer sýnis | | | | | | | | | | | | | | Index | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---|
| | | | SIG1 | SIG2 | SIG3 | SIG4 | SIG5 | SIG6 | SIG7 | SIG8 | SIG9 | SIG10 | SIG11 | SIG12 | SIG13 | SIG14 | | SIG15 | |
| | Botngerð (B) mjúk, Hörð (H) | | B | B | B | B | B | 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 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| II | pH | Mælt gildi | 7,15 | 7,23 | 6,98 | 7,71 | 7,18 | 7,4 | 7,99 | 7,3 | 7,62 | 7,19 | 6,99 | 7,45 | 8,17 | 7,93 | 6,97 | | |
| | Eh (mV) | Mælt gildi | -320,2 | -319,3 | -335,4 | -354,6 | -338,1 | -170,0 | -288,1 | -290,4 | -322,5 | -354,7 | -377,1 | -287,6 | -225,5 | -357,7 | -365,0 | | |
| | | ref.gildi* | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | | |
| | pH/Eh | frá mynd D.1** | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1,8 | |
| | Ástand sýnis: | | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3 | | |
| | Ástand flokks (gruppe) II: | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Hiti pH buffera (°C): 7,5 | | | | | Hiti í sjó (°C): 10,1 | | | | | Hiti í seti (°C): 7,2 | | | | | | |
| | | | pH í sjó: 8,33 | | | | | Eh í sjó: 244 mV | | | | | Referanselektrode: | | | | | | |
| III | Gasbólur | Já = 4 | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | |
| | | Nei = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | Litur | Ljós/grá = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Brúnt/svart = 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| | Lykt | Engin = 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Vottur = 2 | | | | | | 2 | 2 | | | | | 2 | 2 | | | | |
| | | Sterk = 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | 4 | 4 | 4 | 4 | | | 4 | 4 | | |
| | Áferð | Þétt=0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Mjúk=2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| | | Laus = 4 | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | |
| | Rúmmál greipar | < 1/4 = 0 | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | |
| | | 1/4 - 3/4 = 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | 1 | | |
| | | > 3/4 = 2 | | 2 | | | | | | | | | 2 | | | | | | |
| | Þykkt grots | 0 cm - 2 cm = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | 2 cm-8 cm = 1 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | |
| > 8 cm = 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Samtals = | 9 | 10 | 9 | 9 | 9 | 6 | 7 | 9 | 9 | 9 | 17 | 7 | 6 | 9 | 10 | | | |
| Gildi X | 0,22 | 2,0 | 2,2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1,3 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 3,7 | 1,5 | 1,3 | 2,0 | 2,2 | 2,0 | | |
| Ástand sýnis | | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | | | |
| Ástand flokks (gruppe) III | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Meðaltal flokka II og III | | | 2,0 | 2,1 | 2,5 | 2,0 | 2,0 | 0,7 | 1,3 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 1,5 | 1,4 | 2,0 | 2,6 | 1,9 | |
| Samanlögð einkunn sýna | | | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 3 | | |
| | pH/Eh Leiðréttingar summa | Einkunn | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Index | Miðgildi | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | < 1, 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,1-<2,1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2,1-<3,1 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ≥3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HEILDAR EINKUNN SVÆÐIS 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*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).

| | | Sýnatökustaður | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Upplýsingar frá sýnatökustað* | | SIG 1 | SIG 2 | SIG 3 | SIG 4 | SIG 5 | SIG 6 | SIG 7 | SIG 8 | SIG 9 | SIG 10 | SIG 11 | SIG 12 | SIG 13 | SIG 14 | SIG 15 |
| Dýpi (m) | | 50,7 | 57,6 | 58,6 | 61 | 61,1 | 58 | 62,4 | 62,8 | 63 | 61 | 63,5 | 62 | 47 | 64,1 | 61,7 |
| Fjöldi tilrauna við sýnatöku | | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Loftbólur við sýnatöku | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Setgerð | Leir | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | Silt | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sandur | | | | | | | | | | | | | | | |
| | möl | | | | | | | | | | | | | | | |
| Skeljasandur | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grjótbötn | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Steinbötn | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Skrápdýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Krabbadýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Skeljar (fjöldi) | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| Burstaormar (fjöldi) | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | >10 | <10 | <10 | <10 | 0 | >20 | >30 | <10 | 0 |
| Önnur dýr (samtals fjöldi) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Beggiatoa | | | | | | | | | | | | x | | | | |
| Fóður leifar | | x | x | x | x | x | | | x | x | x | x | | | | |
| Skítur | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Athugasemdir | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Heiti sýnatökustaða og staðsetning sýnd á korti í skýrslu

Viðauki II. Gátlisti – MOM-C, B1 og B2

Fyrirtæki: Laxar fiskeldi ehf. Dags: 3.9.2019
 Staðsetning: **Sigmundarhús** Hámark lífmassa 5.300 tonn

Gátlisti B.1
 MOMC

| Gr. | Breyta (Parameter) | Stig (poeng) | Númer sýnis | | | | | | | | Index | |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------------|-------|---------------------|-------|----------------------|--|--|------------------------|----------|--|
| | | | T1 | T2 | T3 | T4 | | | | | | |
| Botngerð (B) mjúk, Hörð (H) | | | B | B | B | B | | | | | | |
| I | Fjarlægð frá kví (| | 25 | 500 | 55 | 100 | | | | | | |
| | 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 SVÆÐIS | 1 | |

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

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

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

| | | Sýnatökustaður | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Upplýsingar frá sýnatökustað* | | T1 | T2 | T3 | T4 | | | | | | |
| Dýpi (m) | | 61,4 | 53,5 | 61,0 | 70,0 | | | | | | |
| Fjöldi tilrauna við sýnatöku | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| Loftbólur við sýnatöku | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | |
| Setgerð | Leir | x | x | x | x | | | | | | |
| | Silt | | | | | | | | | | |
| | Sandur | | | | | | | | | | |
| | möl | | | | | | | | | | |
| | Skeljasandur | | | | | | | | | | |
| Grjótbotn | | | | | | | | | | | |
| Steinbotn | | | | | | | | | | | |
| Skrápdýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Krabbadýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Skeljar (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Burstaormar (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Önnur dýr (samtals fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Beggiatoa | | | | | | | | | | | |
| Fóður leifar | | x | | | | | | | | | |
| Skítur | | | | | | | | | | | |
| Athugasemdir | | Dýr ekki talin, niðurst. berast síðar | Dýr ekki talin, niðurst. berast síðar | Dýr ekki talin, niðurst. berast síðar | Dýr ekki talin, niðurst. berast síðar | | | | | | |

* Heiti á korti

Viðauki III. Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús

Laxar fiskeldi ehf.

Sent í tölvupósti á netföngin: gunnar@laxar.is og kristjan@laxar.is

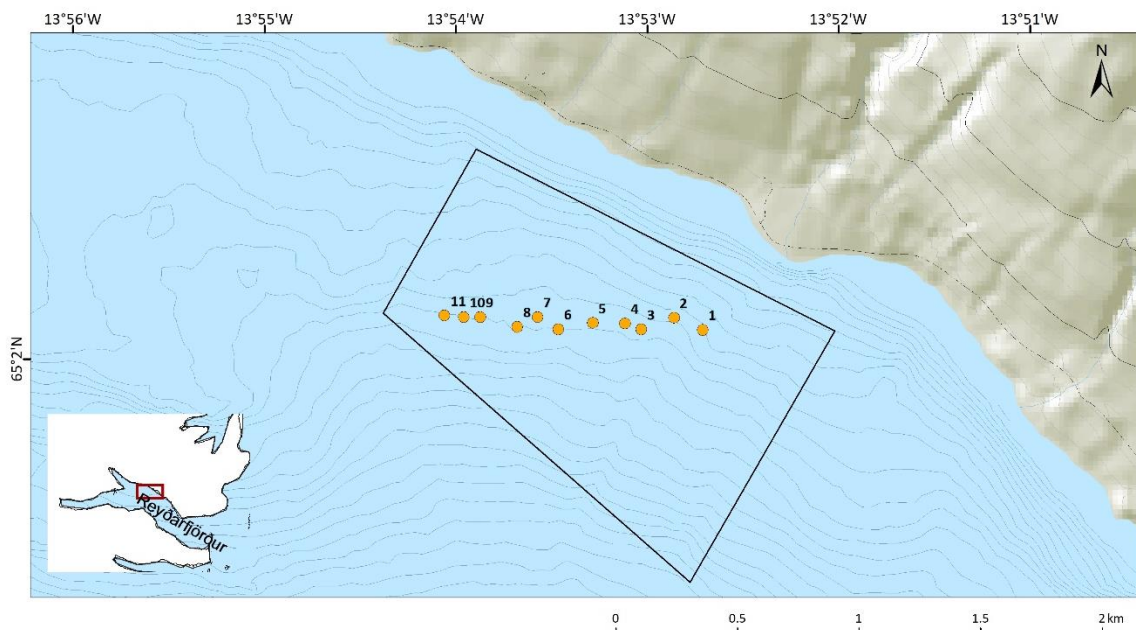
Neskaupstaður 28. maí 2018

Efni: Niðurstöður grunnrannsókna í nærsvæði fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús

Samkvæmt vöktunarsamningi gerði Náttúrustofa Austurlands grunnrannsóknir á botnseti í nærsvæði (MOMB) fiskeldissvæðisins við Sigmundarhús í Reyðarfirði 9. maí 2018. Farið var bátnum Sögu í eigu Laxar fiskeldis. Veður var gott í fyrstu en það vindaði um hádegi og fór að rigna.

Aðferðir

Sýni voru tekið á ellefu stöðvum í nærsvæði eldissvæðisins við Sigmundarhús. Staðsetning stöðva var dreift þannig að þær gefi sem besta mynd af öllu svæðinu (1. mynd). Hnit allra sýnatökustöðva eru sýnd í viðauka I. 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).



Mynd 1. Sýnatökustöðvar innan eldissvæðis Laxar fiskeldis við Sigmundarhús 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 finndist 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 1 mm sigti og innihaldi þess komið fyrir í ljósum bakka. Dýr sem sáust voru talin gróflega og greind í helstu flokka þ.e. bustaormar, 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 mjúkbotns innan eldissvæðis við Sigmundarhús fengu einkunina 1 eða *mjög gott* og var heildareinkunn svæðisins að sama skapi 1 eða *mjög gott*. Eldi hefur ekki ennþá hafist á svæðinu og var úttektin sem hér er gerð grein fyrir hugsuð sem grunnrannsókn til samanburðar við ástand eftir að eldi hefst á svæðinu.

Hiti sjávar mældist 2,2°C þegar úttekt fór fram og pH gildi var 8,33.

Dýpi sýnatökustaða var á bilinu 53 til 64 m, grynnt yst og dýpra eftir því sem innar dró. Setgerð á botni reyndist vera silt á fjórum ytri stöðvunum (SIG1 – SIG4), blandað silt og leir á stöðvum SIG5 og SIG6 og leir á fimm innri stöðvunum (SIG7-SIG11). pH gildi mældust á bilinu 7,36 til 7,76 og var meðaltalsgildið 7,6. Redox gildi var mælt á níu stöðvum, en ekki tókst að mæla á tveimur stöðvum (SIG2 og SIG9). Gildin voru á bilinu 284,2-404,6 mV, Meðaltalsgildi var 345,6 mV.

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 bakteríum 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).

Burstaormar fundust á öllum stöðvum og voru í mestum þéttleika. Krabbadýr fundust á fjórum stöðvum, skeljar á sjö stöðvum. Einnig fannst kuðungur og maðkamóðir.

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

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).

Enginn skítur, fóðurleifar, né gasbólur sáust og uppsöfnun lífrænna leifa (grot) mældist ekki. Á einni stöð kom uppp rusl með sýni (SIG2).

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

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. Upplýsingar um staðsetningu sýnatökustöðva (LAT, LON), dýpi og setgerð við Sigmundarhús.

| Sýnatökustöð | LAT | LON | Dýpi (m) | Setgerð |
|---------------------|------------|------------|-----------------|----------------|
| SIG1 | 65.032411 | -13.880599 | 53 | Silt |
| SIG2 | 65.032939 | -13.883015 | 55,9 | Silt |
| SIG3 | 65.032612 | -13.885939 | 61 | Silt |
| SIG4 | 65.032878 | -13.887318 | 61,1 | Silt |
| SIG5 | 65.03299 | -13.890117 | 61,4 | Silt og leir |
| SIG6 | 65.032867 | -13.893166 | 62,9 | Silt og leir |
| SIG7 | 65.033373 | -13.894885 | 61,6 | Leir |
| SIG8 | 65.033072 | -13.896711 | 62,6 | Leir |
| SIG9 | 65.033538 | -13.899893 | 61,7 | Leir |
| SIG10 | 65.033592 | -13.901302 | 62,6 | Leir |
| SIG11 | 65.0337 | -13.902973 | 63,8 | Leir |

Viðauki II. Gátlisti – MOMB – B1 og B2

| Gr. | Breyta (Parameter) | Stig (poeng) | Númer sýnis | | | | | | | | | | | Index | | |
|-----------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------|----------|-------|----------------------|-------|-------|-----------------------|-------|------|-------|------|-------|--|--|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| Botngerð (B) mjúk, Hörð (H) | | | B | B | 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 | 0 | 0 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II | pH | Mælt gildi | 7,69 | 7,62 | 7,69 | 7,59 | 7,65 | 7,53 | 7,58 | 7,6 | 7,76 | 7,61 | 7,36 | | | |
| | Eh (mV) | Mælt gildi | 186,6 | EM | 159,5 | 167,9 | 140,6 | 111,5 | 147,3 | 112,3 | EM | 147,5 | 66,2 | | | |
| | | ref.gildi* | 218 | | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | 218 | | 218 | 218 | | | |
| | pH/Eh | frá mynd D.1** | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | | |
| | Ástand sýnis: | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | |
| Ástand flokks (gruppe) II: | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | Hiti pH buffera (°C): 4,4 | | | Hiti í sjó (°C): 2,2 | | | Hiti í seti (°C): 4,1 | | | | | | | |
| | | | pH í sjó: 8,33 | | | Eh í sjó: 351,7 | | | Referanselektrode: | | | | | | | |
| III | Gasbólur | Já = 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Nei = 0 | 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 | 0 | | |
| | | Brúnt/svart = 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lykt | Engin = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | Vottur = 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Sterk = 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Áferð | Þétt=0 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Mjúk=2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | |
| | | Laus = 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rúmmál greipar | < 1/4 = 0 | 0 | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | | 1/4 - 3/4 = 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | 1 | 1 | | |
| | | > 3/4 = 2 | | | | | | | | | 2 | | | | | |
| | Þykkt grots | 0 cm - 2 cm = 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | | 2 cm-8 cm = 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| > 8 cm = 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Samtals = | | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 3 | | | | |
| Gildi X | 0,22 | 0,44 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,66 | 0,44 | 0,66 | 0,88 | 0,66 | 0,66 | 0,64 | | | |
| Ástand sýnis | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| Ástand flokks (gruppe) III | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| Miðgildi flokka II og III | | | 0,22 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,22 | 0,33 | 0,44 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | | |
| Ástand sýna | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | |
| pH/Eh | Leiðréttingar summa Index | Miðgildi | Einkunn | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | < 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).

Gátlisti B.2

| Upplýsingar frá sýnatökustað | Sýnatökustaður | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-----------------------------------|-------|------------|-------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| Sýnatökustaður (koordinatfestet posisjon)* | SIG 1 | SIG 2 | SIG 3 | SIG 4 | SIG 5F | SIG 6 | SIG 7 | SIG 8 | SIG 9 | SIG 10 | SIG 11 |
| Dýpi (m) | 53 | 55.9 | 61 | 61.1 | 61.4 | 62.9 | 61.6 | 62.6 | 61.7 | 62.6 | 63.8 |
| Fjöldi tilrauna við sýnatöku | 2 | 2 | 2 | 1 | 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Loftbólur við sýnatöku | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Setgerð | Leir | | | | X | X | X | X | X | X | X |
| | Silt | X | X | X | X | X | | | | | |
| | Sandur | | | | | | | | | | |
| | möl | | | | | | | | | | |
| | Skeljasandur | | | | | | | | | | |
| Grjótbotn | | | | | | | | | | | |
| Steinbotn | | | | | | | | | | | |
| Skrápdýr (fjöldi) | | | | | | | | | | | |
| Krabbadýr (fjöldi) | | | | 1 | | | | 1 | 2 | 3 | |
| Skeljar (fjöldi) | 2 | | | | 1 | | 2 | 5 | 1 | 1 | 4 |
| Burstaormar (fjöldi) | >50 | >50 | >50 | >50 | >30 | >30 | >20 | >30 | >30 | >30 | >30 |
| Önnur dýr (samtals fjöldi) | | | | Kuðungur 1 | Maðkamóðir 1 | | | | | | |
| Beggiatoa | | | | | | | | | | | |
| Fóður leifar | | | | | | | | | | | |
| Skítur | | | | | | | | | | | |
| Athugasemdir | silt/leir | rusl kom upp með sýni plast tappi | | | Leirkennara en hin fyrri sýni | Meiri leir en silt | | | | | |

* Heiti í GPS tæki

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

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 lífæns 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.

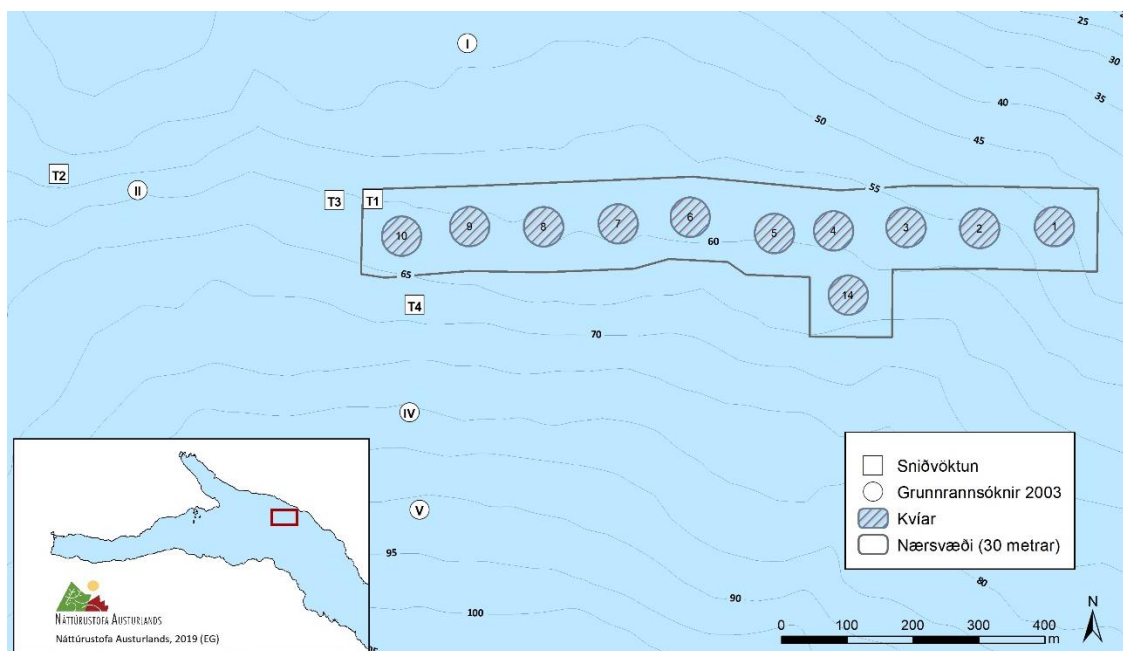
Í þessari skýrslu er gerð grein fyrir niðurstöðum á tegundagreiningu hryggleysingja á sniði (MOM-C) ásamt mælingum og skynmati á sömu stöðvum. Niðurstöður á tegundasamsetningu hryggleysingja eru jafnframt bornar saman við grunnrannsóknir sem fóru fram við Sigmundarhús árið 2003 (Þorleifur Eiríksson o.fl., 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 grunnrannsóknnum 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 botnssets 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 botnssets út frá norskum stöðlum (Iversen & Sandøy, 2018), mjög gott= blátt, grænt=gott.

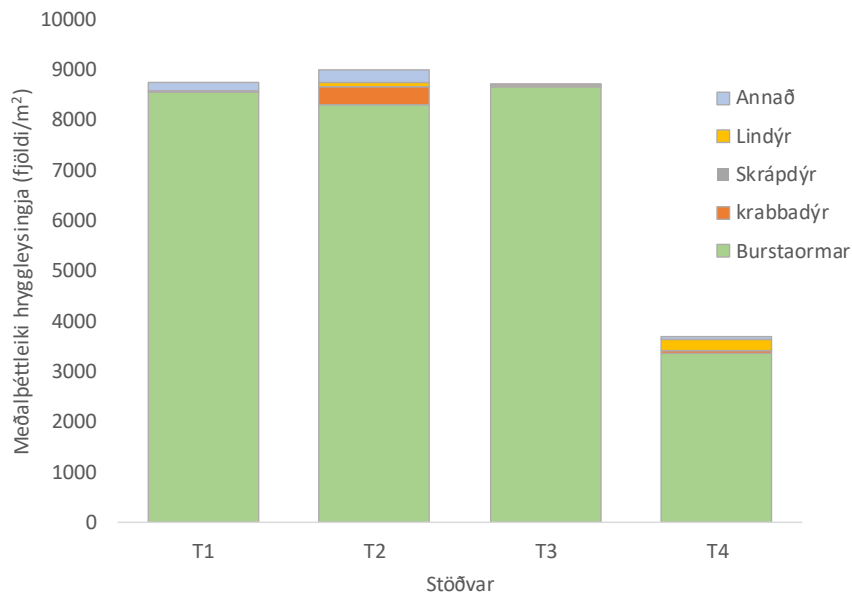
| Stöðvar | Fjarl. frá kví | pH | Redox (mV) | | | TOC mg/g | Kornastærð (% <63 µm) | nTOC* mg/g | LOI (%) | C/N (%) | TN (%) |
|---------|----------------|------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------|-----------------------|------------|---------|---------|--------|
| | | | 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

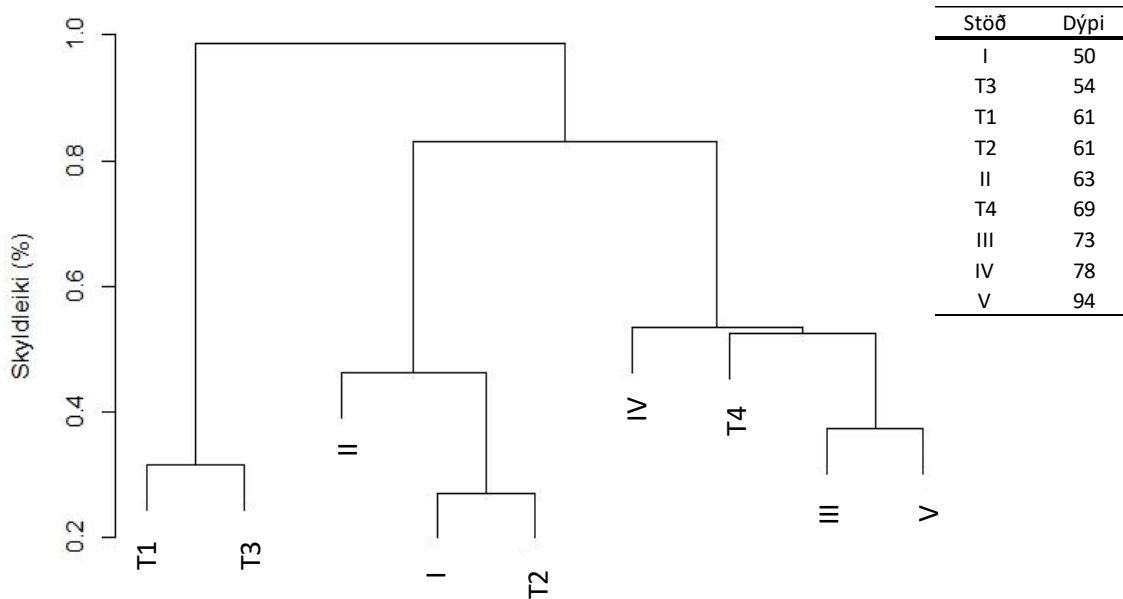
Tegundasamsetning botnhryggleysingja fyrir og eftir fiskeldi við Sigmundarhús

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 skyldleikatrúi (Tafla 9 og 3. mynd).



3. mynd. Skyldleikatrú 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 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

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

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