

# Lokaskýrsla fyrir Haganes Laxeldi í sjó 2014-2016

Unnið fyrir Arnarlax





Cristian Gallo

Margrét Thorsteinsson

Janúar 2017

NV nr. 3-17

 <b>NÁTTÚRUSTOFA VESTFJARÐA</b>		Dagsetning mán/ár: Janúar 2017
		Dreifing: <input type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til: <input checked="" type="checkbox"/> Háð leyfi verkkaupa
Skýrsla nr: NV nr. 3-17	Verknúmer: 441	
Heiti skýrslu: Lokaskýrsla fyrir Haganes 2014- 2016		Gerð skýrslu/Verkstig: Lokaeintak
		Blaðsíður: 28
		Fjöldi viðauka: 6
Höfundur: Cristian Gallo, Margrét Thorsteinsson		Upplag: 5
		Fjöldi korta: 3
		Samstarfsaðilar: Nei
Unnið fyrir: Arnarlax hf.		Verkefnisstjóri: Cristian Gallo
Lykilorð íslensk: Vöktun, fiskeldi, botndýr, sjávarset		Lykilorð ensk: Monitoring, mariculture, benthic community, sediment
Undirskrift verkefnastjóra: 		Yfirfarið af: MT

## Útdráttur

Þessi rannsókn var unnin samkvæmt vöktunaráætlun 2015-2020 fyrir Arnarlax hf (Gallo Cristian og Hulda Birna Albertsdóttir 2015). Sýnataka var byggð á ISO 12878:2012 staðlinum og tók tillit til athugasemda Skipulagsstofnunar frá 18. janúar 2016. Skýrslan fjallar um niðurstöður sýnataka sem fóru fram í maí árið 2016 í seti og sjó við Haganes á sláurtíma og samanburð þeirra við niðurstöður athugunar sem gerð var fyrir útsetningu seiða við Haganes í maí 2014 (Margrét Thorsteinsson og Cristian Gallo 2016).

Við sýnatöku kom í ljós að kvíar voru staðsettar yfir hörðum sjávarbotni en mjúkur botn var á stöðvum sem teknar voru 100 m frá kvíunum. Þrátt fyrir harðan botn við og næst kvíum náðust þar sýni og var vísitægundin *Capitella capitata* ein fárra tegunda sem þar fundust. Á einni stöð við kví var sýnið mestmegnis úrgangur án botndýra. Á stöð 100 m frá kví var burstaormurinn *Chaetozone setosa* algengastur og síðan samlokan gljáhnytla (*Ennucula tenuis*) en þar fundust einnig a.m.k. 11 aðrar tegundir. Á fjærsvæði í 350 m (neðan sjávarhlíðar) og 450 m fjarlægð frá kví var fjölbreytt botndýralíf án vísitægunda, þar var burstaormur af tegundinni *Prionospio cf fallax* algengastur á báðum stöðvum fundust einnig 12 aðrar tegundir.

Í seti var mælt heildarmagn köfnunarefnis (TN), heildarmagn lífræns kolefnis (TOC) og súlfíð. TN mældist 0,14 til 1,26 mmol/g og TOC mældist 1,01 til 16,0 mmol/g en bæði mældust hæst við kví. Súlfíð mældist einnig hæst við kví eða 56,9 mmol/L en lægst 0,13 mmol/L á stöð 350 m frá kví. Samanburður á milli mælinga á TN og TOC áður en fiskur var settur í kvíar (maí 2014) og við lok eldistímans sýndi aukningu á einni stöð við kví. Mælingar á sjósýnum sýna að heildar köfnunarefni (TN) og heildar fosfór (TP) á öllum stöðvum var undir 0,1 mg/L.

Niðurstöður rannsóknarinnar benda til að lífræn efni safnist ekki jafnt fyrir undir kvíum þar sem botninn er harður heldur flytjist til með straumi eða renni niður sjávarhlíðina og safnist fyrir í holum hlíðarinnar og/eða á botninum. Stærð hola er ekki þekkt og þyrfti að skoða. Hins vegar var mjúkur botn í 100 m fjarlægð frá kví þar sem sýnileg áhrif fundust með tilkomu vísitægundar og fækkun tegunda. Engin áhrif greindust hinsvegar á mótum sjávarbotns og sjávarhlíðar í 350 m fjarlægð frá kví. Á þessum tveim stöðvum telst botndýralíf vera í góðu ástandi samkvæmt norska staðlinum NS 9410:2007 sem byggður er á fjölda tegunda á nærsvæði. Efnafræðilegt ástand sets telst í góðu ástandi samkvæmt Hargrave o.fl. 2008. Ef frá eru talin staðbundin áhrif á hörðum botni undir kví virðast áhrif fiskeldisins á þessu kynslóðatímabili ekki hafa haft umtalsverð áhrif á botn.

## Efnisyfirlit

<i>Útdráttur</i> .....	2
<i>Efnisyfirlit</i> .....	3
<i>Inngangur</i> .....	4
<i>Aðferðir</i> .....	5
Sýnataka og sýnatökustaðir .....	5
Úrvinnsla botndýrasýna .....	7
Mat á fjölbreytni og skyldleika botndýra .....	7
Efnagreiningar .....	8
<i>Niðurstöður</i> .....	8
Botndýr .....	10
Efnagreining botnsets .....	13
Efnagreining sjósýna .....	15
<i>Umræður</i> .....	15
<i>Lokaorð</i> .....	17
<i>Heimildir</i> .....	18
<i>Viðauki I</i> .....	20
<i>Viðauki II</i> .....	21
<i>Viðauki III</i> .....	22
<i>Viðauki IV</i> .....	24
<i>Viðauki V</i> .....	25
<i>Viðauki VI</i> .....	26
<i>Viðauki VII</i> .....	28

## Inngangur

Rannsókn þessi var unnin samkvæmt vöktunaráætlun 2015-2020 fyrir Arnarlax hf, Laxeldi í sjó við Haganes, Tjaldaneseyrar, Steinanes, Hringsdal, Hlaðsbót og Kirkjuból í Arnarfirði (Cristian Gallo og Hulda Birna Albertsdóttir 2015). Arnarlax er með starfsleyfi fyrir 10.000 tonna ársframleiðslu á laxi í sjókvíum í Arnarfirði. Leyfið nær til þriggja sjókvíaeldissvæða; A (Haganes og Steinanes), B (Tjaldaneseyrar og Hlaðsbót) og C (Hringsdalur og Kirkjuból). Eldið er að jafnaði á tveimur sjókvíaeldissvæðum í senn og eitt svæði hvílt á milli eldislota. Hvert svæði má framleiða 5.000 tonn á ári (Umhverfisstofnun 2016). Í þessari rannsókn var Haganes skoðað en kvísvæðið er 133 x 195 m að stærð og innan þess eru sex fiskeldiskvívar, hver um sig 120 m að ummáli og 38,2 m að þvermáli (Hugrún Gunnarsdóttir og fl. 2015). Meðal hafdýpi er 64 m og hófst útsetning seiða árið 2014.

Vöktun á uppsöfnun lífræns úrgangs á sjávarbotni undir og við eldiskvívar er byggð á *ISO 12878:2012* staðlinum eins og krafa er gerð um í starfsleyfi fyrir Arnarlax. Ekki var gerð krafa um að fara eftir staðlinum fyrr en árið 2016. Áður höfðu verið gerðar athuganir á botndýralífi við Haganes í tengslum við fiskeldi árin 2013 (Helgeland Havbruksstasjon AS. 2013) og 2014 (Margrét Thorsteinsson og Cristian Gallo 2016).

Sýnataka fór fram í maí árið 2016, fljótlega eftir að byrjað var að slátra fiskum úr kvíum. Í þessari athugun voru botndýr greind og gerð efnagreining á seti og sjó við Haganes. Niðurstöðurnar voru síðan bornar saman við niðurstöður frá sýnatöku sem gerð var í maí 2014 áður en fiskur var settur í kví.

## Aðferðir

### Sýnataka og sýnatökustaðir

Í sýnatökunni 10. maí 2016 var notuð 200 cm<sup>2</sup> Van Veen greip til að taka botnsýni til tegunda- og efnagreininga. Tekin var staðsetning stöðva og dýpi skráð. Sýnum í greip var lýst eftir lit, lykt og hvort lifandi dýr sáust. Botndýrasýni voru sett í 4 L fötur og þykkt sýnis í fötunni skráð. Við töku efnasýna var tekið 2 cm lag af yfirborði sýnis sem upp kom með greipinni.

Reynt var að taka botndýrasýni á átta stöðvum en það náðist á sex stöðvum vegna harðs botns. Tekin voru þrjú botndýrasýni og þrjú efnasýni á hverri stöð. Að minnsta kosti sjö tilraunir voru gerðar til að ná botnsetsýnum umhverfis og innan kvíassvæðisins en með litlum árangri. Þessar misheppnuðu tilraunir benda til að botninn í námunda við kvíar sé harður. Á þremur stöðum náðist einungis að taka eitt sýni (sjá punkta A4, A5 og A6 á korti 1). Þessi þrjú sýni verða talin sem ein stöð; stöð A. Sýni náðust á stöð B við kví, á stöð C sem var 50 m frá kví, stöð D sem var 100 m frá kví og á stöð E sem var u.þ.b. 450 m frá kví og því utan áhrifassvæðis fiskeldis. Sýnin voru tekin í megin straumstefnu. Allar þessar stöðvar nema stöð A voru teknar á sama stað og í sýnatökunni 2014. Til að uppfylla kröfur ISO staðalsins voru valdar þrjár auka stöðvar til sýnatöku (F, G og H). Ekki náðust sýni á stöð F (30 m frá kví) né heldur á stöð H (120 m frá kví). Sýni náðust hinsvegar á stöð G (350 m frá kví) á 100 m dýpi neðan sjávarhlíðar þar sem hlíðin endar og mætir beinni botni, þar sem líklegt er að efni safnist fyrir (tafla 1 og kort 1).

Tekin voru fjögur sjósýni í þremur fjarlægðum frá kví og eitt viðmiðunarsýni (stöð V) fyrir utan fiskeldissvæðið (tafla 1). Á korti 1 má sjá staðsetningu sýnatökustöðva (botnsýna og sjósýna).

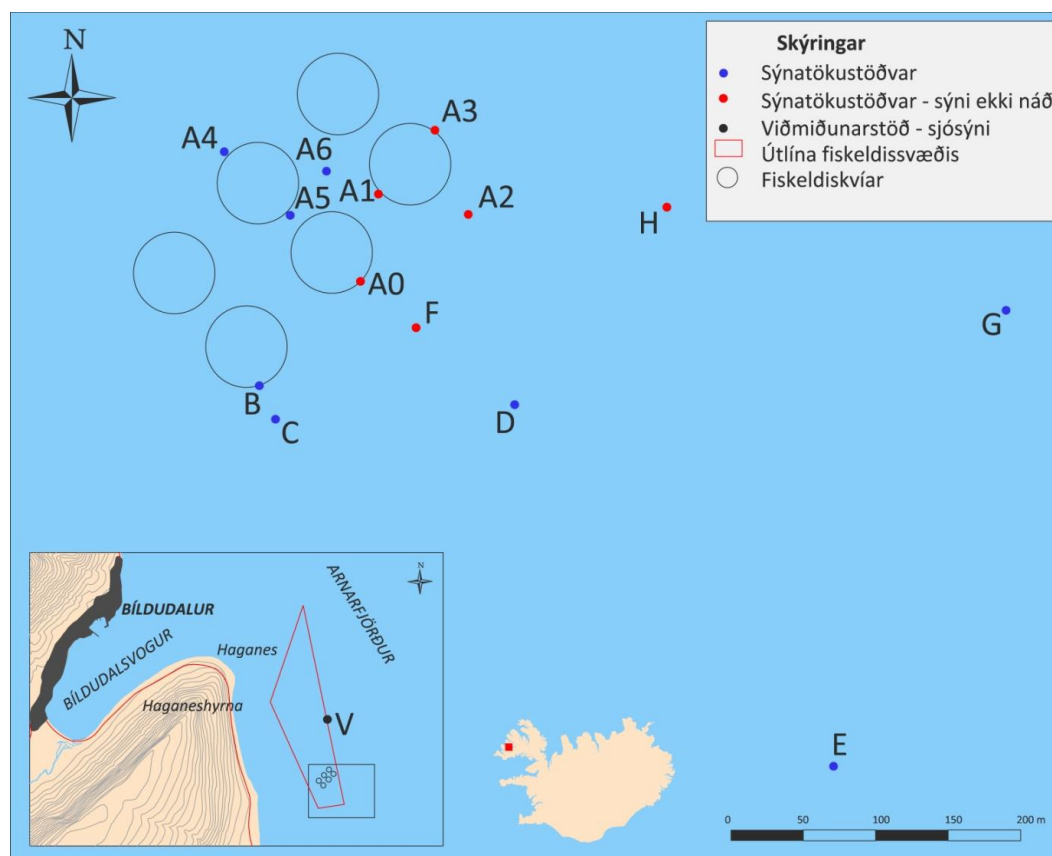
Tafla 1. Sýnatökustöðvar frá maí 2016, fjöldi sýna og fjarlægð frá kví.

Stöð	Fjarlægð frá kví (m)	Botndýrasýni	Efnasýni	Sjósýni
A	0	3*	1	
B	0	3	2**	1
C	50	3*		
D	100	3	3	1
E	450	3	3	
F	30			1
G	350	3	3	
H	120			
V***	500			1

\*Botndýrasýnin voru lítil og ekki sambærileg við sýni af múkum botni.

\*\*Tekin voru tvö efnasýni, af sýninu var sterk lykt, þegar svo er þá á ekki að taka fleiri sýni skv. ISO staðlinum.

\*\*\*V= Viðmiðunarstöð fyrir sjósýni tekin í uppstraum.



Kort 1. Sýnatökustöðvar við Haganes árið 2016. Mynd: Nave/HBA.

### Úrvinnsla botndýrasýna

Botndýrasýni voru fest í 10% formalíni og borax dufti bætt út í svo að skeljar skeldýra leystust ekki upp. Formalíninu var síðan hellt af sýnunum eftir 4-5 daga og 70% isopropanól sett í staðinn. Öll botndýrasýni voru rúmmálmæld og síðan sigtuð varlega í rennandi vatni í 0,5 mm sigti. Það sem eftir sat í sigtinu var síðan sigtað með 1 mm sigti. Að lokum var rúmmál sýna mælt fyrir stærðar flokkana þrjá ( $< 0,5$  mm,  $0,5 \leq < 1$  mm,  $\geq 1$  mm).

Dýr voru tínd úr bæði 0,5 mm og 1 mm sigtum og þeim haldið aðskildum. Ástæða þess að dýrum frá ólíkum sigtum var ekki blandað saman var að gögnin þurfti bæði að bera saman við gögn frá árinu 2014 en þar voru skoðuð dýr  $\geq 0,5$  mm en dýr  $\geq 1$  mm voru á hinn bóginn notuð til að meta ástand botns samkvæmt NS 9410:2007 staðlinum. Dýrin voru síðan flokkuð undir víðsjá, Leica MZ 6 og/eða MZ 12, og greind í tegundir eða hópa með hjálp greiningarlykla og þau talin. Eftir vinnslu var bætt glýseróli á sýnin til að tryggja varðveislu og þau eru geymd í sýnasafni Náttúrustofu Vestfjarða.

### Mat á fjölbreytni og skyldleika botndýra

Reiknaður var út fjöldi hópa/tegunda (S), fjöldi einstaklinga (N) auk þess sem fjölbreytni botndýra var metin með Shannon-Wiener fjölbreytileika stuðli  $H'$  og einsleitni-stuðlinum  $J'$  (Grey et. al 1992; Brage og Thélin 1993). PRIMER 6 forritið var notað við útreikninga. Sumar tegundir voru sameinaðar í ættkvísl eða ætt þegar um var að ræða unga einstaklinga sem ómögulegt var að greina til tegunda. Samkvæmt ISO staðlinum á hvorki að hafa þráðorma (Nematoda) né árfætlur (Copepoda) með í þessum útreikningum og þeim því sleppt.

Shannon-Wiener fjölbreytileika stuðull  $H'$ ;  $H' = -\sum_{i=1}^S (p_i) (\log_2 p_i)$

þar sem  $s$  = fjöldi tegunda,  $p_i$  = hlutdeild af heildarsýni sem tilheyrir tegund  $i$ . Þessi stuðull er mikið notaður og hækkar eftir því sem fjölbreytileiki eykst.

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

er nátengdur Shannon-Wiener stuðlinum en sýnir meira hvort jafnræði er milli tegunda eða hvort ein eða fáar tegundir séu sérstaklega áberandi. Stuðullinn lækkar eftir því sem einsleitnin er meiri.



## Efnagreiningar

Heildarmagn köfnunarefnis (TN), heildarmagn lífræns kolefnis (TOC) og súlfíð ( $H_2S$ ) var mælt í átta botnsýnum. Einu sýni frá stöð A, einu sýni frá stöð B, tveimur sýnum frá stöð D og tveimur sýnum frá stöð G. Ákveðið var að senda einnig sýni af stöð A þrátt fyrir að sýnið væri af hörðum botni. Þetta var gert því bæði útlit og lykt sýnis B ásamt því að botn umhverfis var harður benti til að á stöðinni væri staðbundin uppsöfnun úrgangs á afmörkuðu svæði og sýnið eitt og sér því hugsanlega ekki lýsandi fyrir svæðið.

Til samanburðar var einnig mælt TN og TOC í sýnum frá árunum 2014 og 2015. Fyrir bæði árin var mælt í tveimur sýnum frá stöð B, einu frá stöð C og einu frá stöð D. Efnagreiningar Keldnaholti sáu um mælingarnar.

Sjósýni voru tekin úr sjóinntaki bátsins sem nær niður á 1,5 m dýpi. Tekið var eitt sjósýni á þremur stöðvum B, F, D auk viðmiðunarsýnis (V) sem tekið var fyrir utan fiskeldissvæðið. Sýnin voru send samdægurs til Sýni ehf. til efnagreininga á heildar köfnunarefni (TN) og heildar fosfór (TP) magni.

Það fer eftir ástandi svæðis og hvaða kröfur og staðla fyrirtæki þurfa að uppfylla á hverjum tíma hvaða efnagreining er gerð og hve mörg sýni eru send í greiningu. Hjá Náttúrustofu Vestfjarða eru efnasýni geymd í frysti.

## Niðurstöður

### Botnsýni

Eins og lýst er í kafla um sýnatöku voru gerðar margar misheppnaðar tilraunir til sýnatöku bæði við kvíar, 30 og 120 m frá kvíum (rauðir punktar á korti 1) sem bendir til að botninn sé að mestu harður í nágrenni kvíanna.

Staðsetningu og dýpt stöðva ásamt lýsingum á botnseti má sjá í töflu 2. Við sýnatöku reyndust stöðvar A og C vera á hörðum botni en smá brennisteinsvetnislykt fannst á öllum sýnum á stöð A. Á stöð B var innihald sýna að mestum hluta úrgangur og var sterk metanlykt frekar en brennisteinsvetnislykt af þeim. Sýni á stöð D, E og G voru hefðbundin sýni af mjúkum botni, öll grá, sandborin, þétt leðja og án lyktar.

Tafla 2. Staðsetning og dýpi stöðva við Haganes 2016 ásamt lýsingum á botnseti.

Stöð	Fjarlægð frá kví (m)	Dýpi (m)	Hnit	Litur	Lykt	Lýsing
A*	0	60	N 65 40.378 V 23 32.898	Svartur	Smá	Sandur
B	0	60	N 65 40.321 V 23 32.914	Grár/brúnn	Mikil	Úrgangur
C	50	70	N 65 40.299 V 23 32.895	Svartur	Engin	Sandur og lítil skeljabrot
D	100	84	N 65 40.308 V 23 32.692	Grár	Engin	Þétt leðja, sandborin
E	450	98	N 65 40.186 V 23 32.372	Grár	Engin	Þétt leðja, sandborin
G	350	100	N 65 40.359 V 23 32.246	Grár	Engin	Þétt leðja, sandborin

\* Stöð A sýnir staðsetningarhit A6 (þar sem botndýrasýni og efnasýni voru tekin), A5 og A4 voru önnur hnit við eða milli kvía (kort 1).

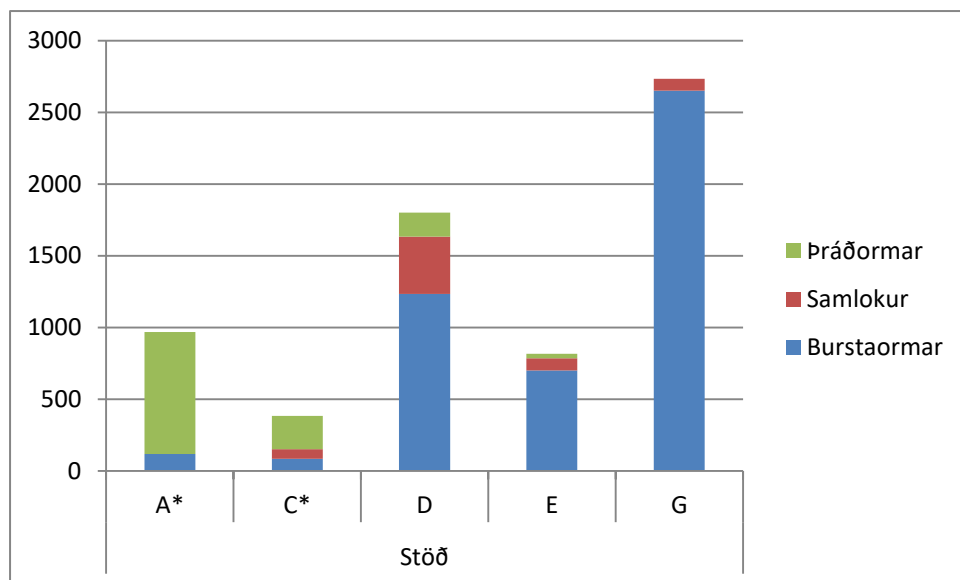
Sýnin voru mæld í rúmmetrum og meðalstærð sýnis reiknuð út frá því (tafla 3). Á stöð A og C sem tekin voru af hörðum botni eins og lýst var að framan náðust einungis lítil sýni og var rúmmál þeirra ekki mælt. Rúmmál meðalstærða sýna þeirra stöðva sem teknar voru á mjúkum botni mældist milli 1.021 og 1.892 cm<sup>3</sup>. Stærsti hluti botnsetsins var með kornastærð minni en 0,5 mm eða allt frá 90,9 til 97,6%. Lítil hluti af botnsetinu eða um 2 til 9% var með kornastærð stærri en 0,5 mm, en flest dýr fundust í seti með kornastærð stærri en 1 mm.

Tafla 3. Rúmmál þriggja flokka kornastærða botnsets (cm<sup>3</sup>) og hlutfall þeirra (%) af meðalsýni við Haganes 2016.

Stöð	Meðalstærð sýna (cm <sup>3</sup> )	> 1 mm (cm <sup>3</sup> ) - %	≤ 1 og > 0,5 mm (cm <sup>3</sup> ) - %	≤ 0,5 mm (cm <sup>3</sup> ) - %
A	Lítið sýni			
B	1665	(64) - 3,8	(88) - 5,2	(1513) - 90,9
C	Lítið sýni			
D	1021	(58) - 5,6	(20) - 1,9	(943) - 92,4
E	1740	(19) - 1,1	(20) - 1,1	(1701) - 97,7
G	1892	(19) - 1,0	(26) - 1,4	(1847) - 97,6

## Botndýr

Niðurstöður tegundagreininga á botndýrum stærri en 0,5 mm eru í viðauka I. Á mynd 1 sést fjöldi dýra og dreifing þriggja algengustu botndýrahópanna; burstaorma (polychaeta), samloka (bivalvia) og þráðorma (nematoda) eftir stöðvum.



\*Sýni á stöð A og C eru tekin á hörðum botni en ekki mjúkum.

Mynd 1. Fjöldi dýra og dreifing þriggja algengustu botndýrahópanna á stöðvum við Haganes árið 2016.

Í viðauka II er tafla sem liggur til grundvallar á útreikningum á fjölbreytni og einsleitni en niðurstöður þeirra útreikninga má finna í töflu 4. Eins og lýst var í aðferðum voru þráðormar og árfætlur ekki teknar með í þessa útreikninga svo hér eftir verður ekki fjallað um þá hópa. Þegar skoðað er niðurstöður greininga og útreikninga á fjölbreytni fyrir stöðvar A og C þarf að hafa í huga að sýnin voru tekin á hörðum botni en ekki mjúkum. Einungis 2 hópar/tegundir voru á stöð A og 3 hópar/tegundir á stöð C, en á báðum stöðvum fannst vísitategundin *Capitella capitata*. Þéttleiki dýra var álíka milli stöðvanna eða um 180 einstaklingar á m<sup>2</sup> (einst./m<sup>2</sup>) og fjölbreytni tegunda H'(log<sub>2</sub>) var lág á báðum stöðvum (tafla 4). Stöð B var án nokkurs lífs.

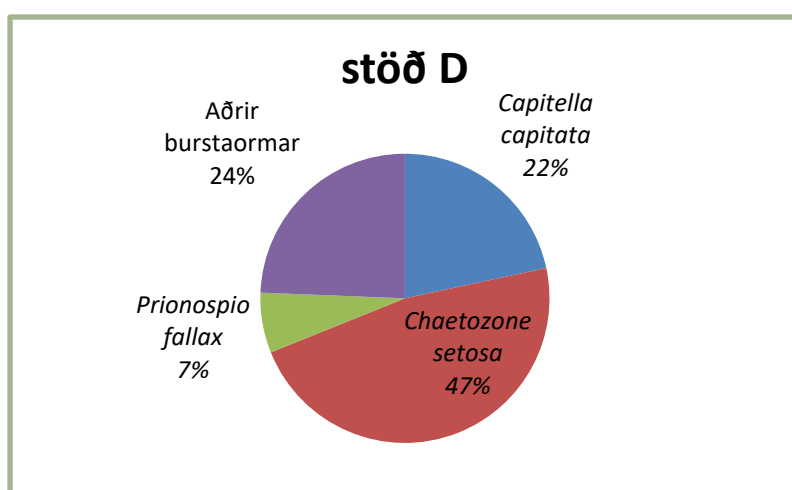
Sýni á stöð D, E og G voru tekin á mjúkum botni og þar voru a.m.k 12-13 dýrategundir. Þéttleiki dýra var mestur á stöð G eða 2767 einst./m<sup>2</sup> en stöðin var tekin neðan sjávarhlíðar þar sem líklegt er að efni safnist fyrir. Minnstur þéttleiki þessarra þriggja stöðva var á E sem var utan áhrifasvæðis fiskeldis, eða 850 einst./m<sup>2</sup>. Fjölbreytni tegunda H'(log<sub>2</sub>) var mest á stöð 100 m frá kví (D), þar sem áhrifa gætir af fiskeldi, en þar var einnig meira jafnræði milli tegunda eins og einsleitni stuðullinn bendir til. Fjölbreytni tegunda H'(log<sub>2</sub>) var yfir 2 á öllum stöðvum sem teknar voru á mjúkum botni

(tafla 4). Samanlagt voru á stöðvunum þremur a.m.k. 14 tegundir af burstaormum sem flestar voru af tegundunum *Prionospio cf fallax* og *Chaetozone setosa*. Þá voru einning 4 samlokutegundir (bivalvia) en lítið af krabbadýrum (crustacea).

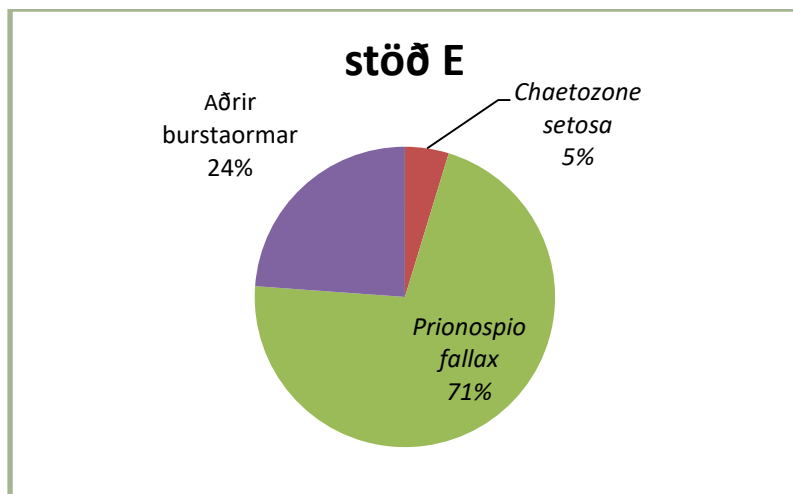
Tafla 4. Fjölbreytni og einsleitni botndýra við Haganes í maí 2016.

Stöð	Fjarlægð frá kví (m)	S	N	J'	H'(log <sub>e</sub> )	H'(log <sub>2</sub> )
A	0	2	175	0,59	0,41	0,59
C	50	3	184	0,94	1,04	1,49
D	100	13	1634	0,75	1,93	2,79
E	450	12	850	0,65	1,62	2,34
G	350	13	2767	0,59	1,52	2,19

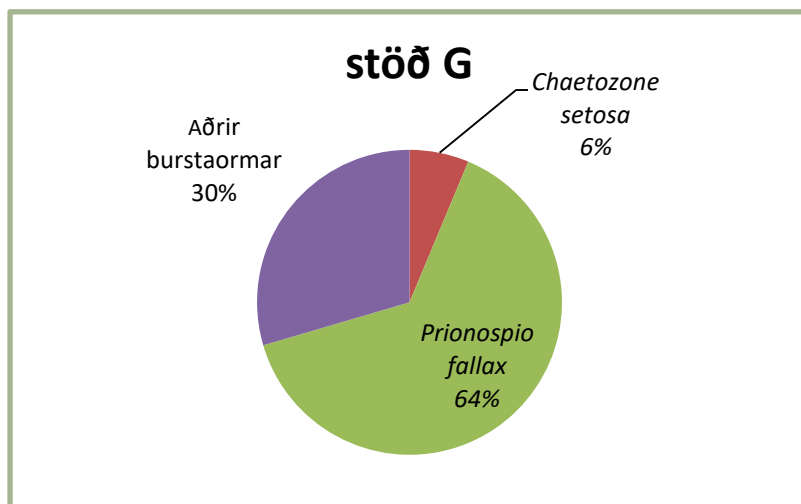
Þar sem burstaormar eru algengur og fjölbreyttur hópur með þekktar vísitægundir innan hópsins þá var tekið saman hlutfall algengustu tegunda þeirra á stöðvum D, E og G (mynd 2, 3 og 4). Á stöð D var *Chaetozone setosa* algengasta tegundin eða 47% og þar næst *Capitella capitata* eða 22% og svo *Prionospio cf fallax* 7%. Hlutfall á milli algengustu tegunda burstaorma var mjög svipað á stöðvum E og G. Þar var tegundin *Prionospio cf fallax* algengust eða 64-71% tegunda og næst algengust var *Chaetozone setosa* með 5-6% hlutfall. Vísitægundin *Capitella capitata* fannst hvorki á stöð E né G.



Mynd 2. Tegundir burstaorma eftir hlutfallsfjölda á stöð D.



Mynd 3. Tegundir burstaorma eftir hlutfallsfjölda á stöð E.



Mynd 4. Tegundir burstaorma eftir hlutfallsfjölda á stöð G.

### Efnagreining botnsets

Niðurstöður mælinga frá Efnagreiningum Keldnaholti eru í viðauka III og töflu 5. Á stöð B voru hæstu gildi allra efna, þar mældist TN 1,26 mmol/g eða 1,76%, TOC var 16 mmol/g eða 19,2% og súlfíð magn var 56,9 mmol/L. Þessar niðurstöður koma ekki á óvart þegar lítið er til lýsinga sýnanna en þar var sýninu lýst sem úrgangi með sterkri metanlykt. Á stöð A, sem talin var lýsa betur ástandi botns í nágrenni kvía, mældist TN og TOC svipað því sem var á stöð D. Á stöð A var súlfíð magn 2,7 mmol/L sem var næst hæsta gildið á stöðvunum eftir B. Á stöð D var súlfíð magn hinsvegar mun lægra eða að meðaltali 0,42 mmol/L. Á stöð G, sem staðsett var neðan sjávarhlíðar, voru gildi TN og TOC næst hæst meðal stöðvanna eða 0,33 mmol/g annarsvegar og 2,61 mmol/g hinsvegar og súlfíð magn 0,13 mmol/L en það var lægsta gildið á stöðvunum (tafla 5).

Tafla 5. Efnagreining á heildarmagni köfnunarefnis (TN), heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) og súlfíðs í botnseti við Haganes 2016. dw = þurrviggt og ww= blautviggt

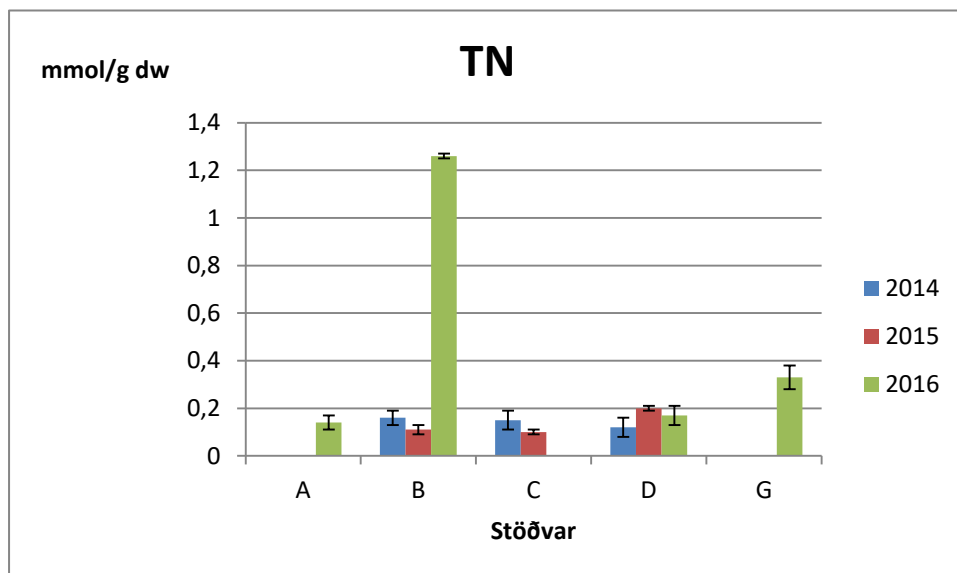
Stöð	Fjarlægð frá kví	TN mmol/g dw	TN % dw	TOC mmol/g dw	TOC % dw	Súlfíð mmol/L ww	Súlfíð mmol/kg dw
A 1	0	0,14 ±0,03	0,19 ±0,04	1,01 ±0,01	1,22 ±0,01	2,7	2,8
B 1	0	1,26 ±0,01	1,76 ±0,01	16,0 ±0,02	19,2 ±0,03	56,9	93,2
D 1	100	0,20 ±0,04	0,28 ±0,06	1,56 ±0,06	1,87 ±0,07	0,32	0,33
D 2	100	0,14 ±0,01	0,19 ±0,01	1,14 ±0,07	1,37 ±0,08	0,51	0,49
G 1	350	0,34 ±0,05	0,48 ±0,06	2,53 ±0,01	3,03 ±0,01	0,12	0,22
G 2	350	0,32 ±0,01	0,45 ±0,01	2,69 ±0,04	3,23 ±0,05	0,13	0,24

Í töflu 6 má finna samanburð á TN og TOC í botnseti hjá þeim tveimur stöðvum þar sem tekin voru efnasýni öll árin 2014, 2015 og 2016. Bæði TN og TOC höfðu aukist talsvert á stöð B við lok eldistímans (2016) samanborið við fyrri mælingar. Magn TN og TOC á stöð D breyttist lítið milli ára.

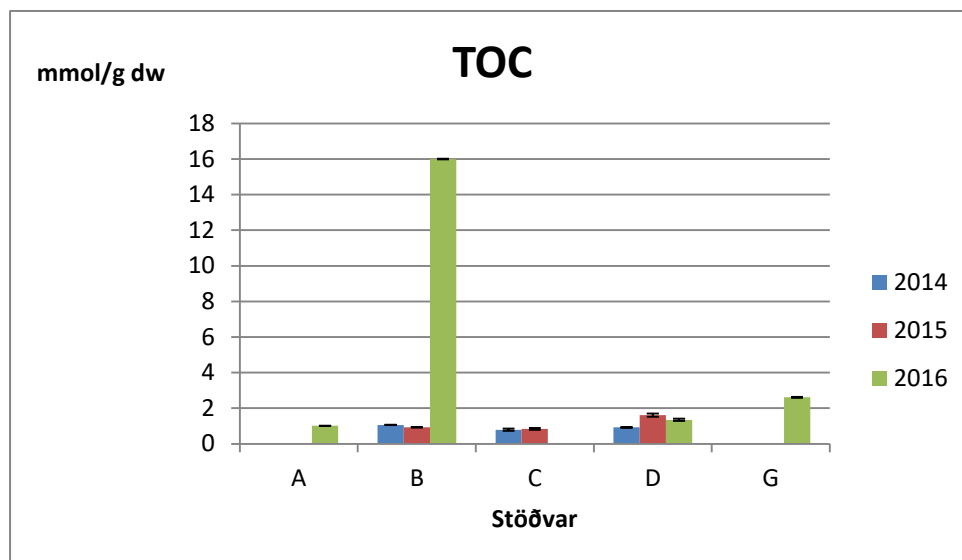
Tafla 6. Efnagreining á heildarmagni köfnunarefnis (TN) og heildarmagni lífræns kolefnis (TOC) í botnseti við Haganes fyrir árin 2014, 2015 og 2016. Taflan sýnir meðaltal tveggja sýna með staðalfráviki.

Stöð	2014		2015		2016	
	TN mmol/g dw	TOC mmol/g dw	TN mmol/g dw	TOC mmol/g dw	TN mmol/g dw	TOC mmol/g dw
B	0,12 ±0,01	1,08 ±0,01	0,12 ±0,02	1,02 ±0,02	1,26 ±0,01	16,0 ±0,02
D	0,12 ±0,04	0,92 ±0,03	0,20 ±0,01	1,61 ±0,09	0,20 ±0,04	1,56 ±0,06

Heildaryfirlit allra mælinga á TN og TOC sem mæld hafa verið fyrir Haganes árin 2014, 2015 og 2016 eru sýndar á myndum 5 og 6. Í viðbót við það sem sagt var fyrir ofan má sjá að gildi þessara mælinga fyrir stöð A var álíka við enda eldistímans og það sem mældist á stöð B og C árin 2014 og 2015. Þar sem sýni fyrir stöð C var mjög lítið og gróft árið 2016 reyndist ekki mögulegt að nota það til efnagreininga. Eins og lýst var að framan var stöð G tekin í fyrsta skipti árið 2016 þar sem fyrirtækið tók upp ISO staðalinn og því eru ekki til mælingar til samanburðar fyrir þá stöð.



Mynd 5. Heildarmagn köfnunarefnis (TN) í botnseti milli ára.



Mynd 6. Heildarmagn lífræns kolefnis (TOC) í botnseti milli ára.

## Efnagreining sjósýna

Hiti við sjávaryfirborðið var 3,5°C þegar sjósýni voru tekin í maí 2016 en það var í fyrsta skipti sem slík sýni voru tekin fyrir svæðið. Efnagreining var gerð á heildar köfnunarefni (TN) og heildar fosfóri (TP) í sýnunum (tafla 7). Í öllum sjósýnum mældist heildar köfnunarefni og heildar fosfór undir 0,1 mg/L. Niðurstöður efnagreininga frá Sýni ehf. eru í viðauka IV.

Tafla 7. Niðurstöður efnagreininga á heildar köfnunarefni (TN) og heildar fosfóri (TP) í sjósýnum frá Haganesi 2016.

Stöð	Heildar N mg/L	Heildar P mg/L
B	< 0,1	< 0,1
F	< 0,1	< 0,1
D	< 0,1	< 0,1
V	< 0,1	< 0,1

## Umræður

Í lokasýnatöku fyrir Haganes í maí 2016 voru stöðvar teknar á áhrifasvæði fiskeldis, við kvíar, í aukinni fjarlægð frá kví og í straumstefnu. Tilgangurinn var að skoða hvort uppsöfnun væri á lífrænum úrgangi frá fiskeldinu eftir fyrsta kynslóðatímann og þá hvernig hann dreifist og hvort úrgangurinn hafi áhrif á botndýralíf. Þetta var gert með því að athuga ástand botndýrasamfélaga og efnagreininga á botnsýnum. Því næst voru bornar saman niðurstöður greininga botndýrasamfélaga milli árána 2014 (áður en fiskur var settur út) og 2016 (við lok eldistímabils) auk þess sem efnagreiningar frá árunum 2014, 2015 og 2016 voru bornar saman.

Við sýnatöku kom í ljós að botninn var að mestu harður í nágrenni kvíanna þó náðust stöðvar A og C. Það að botninn er harður veldur því að lífrænn úrgangur safnast ekki jafnt fyrir undir kvíum heldur flyst til með straumi eða rennur niður sjávarhlíðina og/eða safnast fyrir í holum á botninum. Það var því ekki hægt að greina með góðum hætti áhrifasvæðið undir kvíunum við Haganes. Í slíkum tilvikum er botninn reynist harður á samkvæmt ISO 12878:2012 að notast við ISO 19493:2007. Kort af botninum var því útbúið út frá þrívíddar mynd af Haganesi sem fengið var frá Helgeland AS. (2013) og er í viðauka V. Samkvæmt kortinu eru kvíarnar staðsettar yfir brattri sjávarhlíð. Þetta ásamt því að í sýnum sem tekin voru á stöð B og voru að mestu úrgangur bendir til að ójöfn dreifing efnis verði á botninum og að í þessum sjávarhlíðum séu holur sem í safnast úrgangur.

Í þessari rannsókn fannst vísitægundin *Capitella capitata* á stöð D (100 m frá kví) á 84 m dýpi sem er um 25 m dýpra en á stöð B. Einnig fannst á stöð D töluverður fjöldi burstaorma af tegundinni



*Chaetozone setosa* og samloka af tegundinni gljáhnytla en báðar tegundirnar eru þólnar gagnvart lífrænni uppsöfnun efna (Rygg 2002, Dean 2008). Stöðvar E og G voru með svipaða tegundasamsetningu, þar var burstaormurinn *Prionospio cf fallax* algengastur en enginn burstaormur af tegundinni *Capitella capitata* fannst þar.

Helstu breytingar á botndýralífi við Haganes frá árinu 2014 til 2016 voru að botndýrategundum hafði fækkað við kvíar og nálægt kvíum. Þá var burstaormur, af tegundinni *Prionospio cf fallax*, sem var algengasta tegundin árið 2014 horfinn árið 2016 eða honum hafði fækkað nálægt kvíunum þó hann væri ennþá algengasta tegundin á svæðum fjarri kvíum. Burstaormur af tegundinni *Capitella capitata* fannst ekki árið 2014 en var árið 2016 einn af fáum botndýrahópum ásamt þráðormum við kvíar og næst kvíunum. Tegundum eins og *Chaetozone setosa* og gljáhnytlu hafði fjölgað mikið 100 m frá kví. Þessar breytingar á botndýralífi benda til að aukning hafi orðið á lífrænni uppsöfnun á svæði allt að 100 m frá kvíum.

Súlfíð magn var aðeins mælt 2016. Súlfíð mældist hæst á stöð B og næst hæst á stöð A en súlfíð magn minnkar eftir fjarlægð frá kví. Þegar þessi gildi eru skoðuð er vert að muna að stöð A var á hörðum botni og stöð B virðist vera á stað þar sem efni safnast fyrir í.

Magn TN og TOC mældist mun meira á stöð B en öðrum stöðvum árið 2016 og hafði aukist talsvert milli ára. Allt bendir til að á stöðinni hafi verið staðbundin uppsöfnun á afmörkuðu svæði. Á stöð D var ekki mikil breyting á TN og TOC frá því fiskur var settur í kvíar (2014) og að enda eldistímans (2016). Á stöð G, á mótum sjávarhlíðar og botns, mældist TN og TOC næst mest en súlfíð lægst.

Við efnagreiningar á heildar köfnunarefni og heildar fosfóri mældust stöðvarnar undir 0,1 mg/L en greiningarmörk sem notuð voru til mælingar á efnunum eru of há til að hægt sé að greina breytingu á innihaldi þessa efna í sjónum.

Þar sem botninn undir kvíunum er harður dreifast áhrifs eldisins fjær en vant er á mjúkum botni. Vegna þessa fundust sýnileg áhrif í 100 m fjarlægð með tilkomu vísitugar og fækkun tegunda. Engin áhrif greindust hinsvegar á stöðvum í 350 m og 450 m fjarlægð frá kví.

Þar sem ISO staðallinn hefur engin ákveðin viðmið né heldur íslenskar reglur er stuðst við norskan staðal NS 9410:2007 um viðmið á nærsvæðum. Í viðauka VII er tafla með meðalfjölda dýra úr 1mm sigti sem notað var til að meta viðmiðinn. Við túlkun niðurstaða súlfíð mælinga á mjúkum botni var Hargrave o.fl 2008 haft til hliðsjónar. Samkvæmt þeim viðmiðum var ástand sjávarbotns við enda eldistímabils við Haganes slæmt á stöð B en gott á stöðvum D (100 m), E og G en sú stöð var tekin þar sem líklegt er að lífræn efni safnist fyrir (sjá nánar töflu 8).

Tafla 8. Samanburður niðurstaða rannsóknarinnar við viðmið staðalsins NS 9410:2007 um fjölda tegunda og viðmið Hargrave o.fl 2008 um ásættanlegt súlfíð magns í botnsýnum á eldissvæði Haganess 2016.

Stöð	Fjarl. frá kví	Botndýr		Efnagreining			Ástand
		Fjöldi tegunda	Shannon-Wiener ( stuðull)	TN mmol/g dw	TOC mmol/g dw	Súlfíð mmol/L dw	
A	0	2	0,59	0,14	1,01	2,7	Ekki hægt**
B	0	0	Ekki hægt	1,26	16,0	56,9	Mjög slæmt
C	50	3	1,49				Ekki hægt**
D	100	12	2,66	0,16	1,35	0,41	Gott
E	450	12	2,32				Gott
G	350*	13	2,16	0,33	2,61	0,13	Gott

\* Á mótum sjávarbotns og sjávarhlíðar.

\*\*Ekki hægt að meta ástand stöðvar því sjávarbotninn er harður.

## Lokaorð

Helsta niðurstaða rannsóknarinnar er að mestu áhrifin af fiskeldi við Haganes virðast takmarkast við holur þar sem úrgangur safnast upp í nágrenni við kvíarnar. Sjávarbotninn á þessu svæði þarf að skoða með öðrum aðferðum til að hægt sé að meta stærð þessa holrýmis. Sé þekkt stærð holanna er hægt að fá mynd af því hve mikill úrgangur nær að safnast fyrir undir kvíunum. Hvíldasýnataka mun einnig leiða í ljós hvort ástand botns hafi jafnað sig á þeim tíma sem það nýtur hvíldar. Ef frá eru talin staðbundin áhrif á hörðum botni undir kví virðast áhrif fiskeldisins á þessu kynslóðatímabili ekki hafa haft umtalsverð áhrif á botn.

## Heimildir

ASC Salmon Standard. Version 1.0 June 2012.

Brage, R og I. Thélin. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet I fjorder og kystfarvann. Virkningar av organiske stoffer. Statens forurensingstilsyn (SFT).

Böðvar Þórisson, Cristian Gallo og Þorleifur Eiríksson. 2010. *Botndýrarannsóknir á þremur svæðum í Arnarfirði 2010*. Lokaskýrsla. Unnið fyrir Fjarðalax. NV nr. 8-10. Náttúrustofa Vestfjarða.

Dean H. 2008. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Revista de Biología Tropical, Vol 56: 11-38*.

Gallo Cristian og Hulda Birna Albertsdóttir. 2016. Vöktunaráætlun 2015-2020 fyrir Arnarlax hf. Laxeldi í sjó við Haganes, Tjaldaneseyrar, Steinanes, Hringsdal, Hlaðsbót og Kirkjuból í Arnarfirði. Unnið fyrir Arnarlax. NV nr. 22-15. Náttúrustofa Vestfjarða.

Grey, J.S, A.D. McIntyre og J. Stirn. 1992. *Manual of methods in aquatic environment research*. Biological assessment of marine pollution – with particular reference to benthos. Part 11. FAO. *Fisheries technical paper 324: 49 bls*.

Hargrave, B. T.,M. Holmer, C.P. Newcombe. 2008. Towards a classification of organic enrichment in marine sediments based on biogeochemical indicators. Elsevier. *Marine Pollution Bulletin 56: 810-824*.

Helgeland Havbruksstasjon AS. 2013. *Environmental monitoring of marine finfish farms. Haganes MOM B 22.10.13*. Unnið fyrir Arnarlax. nr. AR131125C. Helgeland Havbruksstasjon AS.

Hugrún Gunnarsdóttir, Þórhildur Guðmundsdóttir, Arnór Þ. Sigfússon, Kristján H. Ingólfsson, Áki Thoroddsen. 2015. *Aukning framleiðslu Arnarlax á laxi í sjókvíum í Arnarfirði um 7.000 tonn á ári*. Mat á umhverfisáhrifum. Frummatsskýrsla. Unnið fyrir Arnarlax. Verkís.

Margrét Thorsteinsson og Cristian Gallo. 2016. *Vöktunarskýrsla fyrir Arnarlax hf. Laxeldi við sjó við Haganes í Arnarfirði*. Unnið fyrir Arnarlax. NV nr. 15-16. Náttúrustofa Vestfjarða.

Rygg, B. 2002. Indicator Species Index for Assessing Benthic Ecological Quality in Marine Waters of Norway. *NIVA Report SNO 45-48-2002*. Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norway.

Pearson TH., Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr Mar Biol Ann Rev 16: 229-311*.

Umhverfisstofnun. 2016. *Starfsleyfi. Framleiðsla á laxi í sjókvíum Arnarlax hf.* Reykjavík: Umhverfisstofnun.

Þorleifur Eiríksson, Cristian Gallo og Böðvar Þórisson. 2010. *Botndýraathuganir í Arnarfirði 2010.* NV nr. 16-10. Náttúrustofa Vestfjarða.

## Viðauki I

Meðalfjöldi einstaklinga á m<sup>2</sup>, úr 0,5 mm sigti, á stöðvum við Haganes 2016. Stöð B er ekki með í töflu, því engin dýr fundust í sýnunum.

Hópar/Ætt/ tegund	Íslenskt	Stöð				
		A*	C*	D	E	G
<b>Annelida Polychaeta</b>	Burstaormar					
<i>Ampharete borealis</i>		0	0	17	0	100
<i>Capitella capitata</i>		100	67	267	0	0
Capitellidae		0	17	0	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>		0	0	583	33	167
<i>Cossura longocirrata</i>	Langþráður	0	0	67	33	183
<i>Eteone longa</i>	Leirulaufi	0	0	33	0	50
<i>Glycera alba</i>		17	0	0	0	0
<i>Lumbrineris sp</i>		0	0	0	17	33
<i>Mediomastus fragilis</i>		0	0	0	0	217
<i>Nephtys caeca</i>		0	0	0	0	17
<i>Nephtys sp</i>		0	0	50	33	0
<i>Ophelina acuminata</i>		0	0	0	17	33
Paraonidae		0	0	67	0	0
<i>Parougia nigridentata</i>		0	0	33	0	0
<i>Prionospio cf fallax</i>		0	0	83	500	1700
<i>Samytha sexcirrata cf</i>		0	0	0	67	150
<i>Scoloplos armiger</i>	Roðamaðkur	0	0	17	0	0
Spionidae		0	0	17	0	0
<b>Mollusca Bivalvia</b>	Samlokur					
<i>Ennucula tenuis</i>	Gljáhnytla	0	0	333	17	0
<i>Mytilus edulis</i>	Kræklingur	0	67	0	0	0
<i>Nuculana spp</i>	Trönuskel/trönusystir	0	0	50	17	33
<i>Thyasira flexuosa</i>	Hrukkubúlda	0	0	17	50	50
<b>Arthropoda Crustacea</b>	Krabbadýr					
<i>Leucon nasicooides</i>		0	0	0	33	0
<b>Arthropoda Cirripedia</b>	Hrúðurkarlar					
<i>Semibalanus balanoides</i>	Fjöruhrúðurkarl	0	33	0	0	0
<b>Arthropoda Copepoda</b>	Árfætlur	0	333	0	0	0
<b>Nemertea</b>	Ranaormar	0	0	0	33	33
<b>Nematoda</b>	Þráðormar	850	233	167	33	0

\*Sýni á stöð A og C voru tekin á hörðum botni en ekki mjúkum.

## Viðauki II

Meðalfjöldi einstaklinga á m<sup>2</sup>, úr 0,5 mm sigti, á stöðvum við Haganes í Arnarfirði árið 2016 sem liggja til grundvallar fyrir útreikninga á fjölbreytileika.

Hópar/Ætt/ tegund	Stöð				
	A	C	D	E	G
<i>Ampharete borealis</i>	0	0	17	0	100
<i>Capitella capitata</i>	150	84	267	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	583	33	167
<i>Cossura longocirrata</i>	0	0	67	33	183
<i>Ennucula tenuis</i>	0	0	333	17	0
<i>Eteone longa</i>	0	0	33	0	50
<i>Glycera alba</i>	25	0	0	0	0
<i>Leucon nasicoides</i>	0	0	0	33	0
<i>Lumbrineris sp</i>	0	0	0	17	33
<i>Mediomastus fragilis</i>	0	0	0	0	217
<i>Mytilus edulis</i>	0	67	0	0	0
Nemertea	0	0	0	33	33
<i>Nephtys caeca</i>	0	0	0	0	17
<i>Nephtys sp</i>	0	0	50	33	0
<i>Nuculana spp</i>	0	0	50	17	33
<i>Ophelina acuminata</i>	0	0	0	17	33
Paraonidae	0	0	67	0	0
<i>Parougia nigridentata</i>	0	0	33	0	0
<i>Prionospio fallax</i>	0	0	100	500	1700
<i>Samytha sexcirrata</i>	0	0	0	67	150
<i>Scoloplos armiger</i>	0	0	17	0	0
<i>Semibalanus balanoides</i>	0	33	0	0	0
<i>Thyasira flexuosa</i>	0	0	17	50	50

## Viðauki III

Niðurstöður efnagreininga frá Nýsköpunarmiðstöð.



Sample marking	Lab code	TN mmol/g dw	TOC mmol/g dw	Sulphide mmol/kg dw	Sulphide mmol/L ww
13.5.2014 Otradalur st. B1	134047	0,12±0,01	1,08±0,01	-	-
13.5.2014 Otradalur st. B2	134048	0,20±0,03	1,04±0,01	-	-
13.5.2014 Otradalur st. C2	134049	0,15±0,04	0,79±0,06	-	-
14.5.2014 Otradalur st. D	134050	0,12±0,04	0,92±0,03	-	-
22.5.2015 Otradalur st. B1	134051	0,12±0,02	1,02±0,02	-	-
22.5.2015 Otradalur st. B2	134052	0,10±0,01	0,84±0,02	-	-
22.5.2015 Otradalur st. C	134053	0,10±0,01	0,84±0,06	-	-
22.5.2015 Otradalur st. D	134054	0,20±0,01	1,61±0,09	-	-
10.5.2016 Haganes st. A 16.4	134055	0,14±0,03	1,01±0,01	2,8	2,7
10.5.2016 Haganes st. B	134056	1,26±0,01	16,0±0,2	93,2	56,9
10.5.2016 Haganes st. D1	134057	0,20±0,04	1,56±0,06	0,33	0,32
10.5.2016 Haganes st. D2	134058	0,14±0,01	1,14±0,07	0,49	0,51
10.5.2016 Haganes st. G1	134059	0,34±0,05	2,53±0,01	0,22	0,12
10.5.2016 Haganes st. G2	134060	0,32±0,01	2,69±0,04	0,24	0,13

Sincerely,

Guðjón Atli Auðunsson, PhD  
Analytical chemist



Náttúrustofa Vesturlands  
c/o Cristian Gallo  
Aðalstræti 21  
415 Bolungarvík

Reykjavík, November 23<sup>rd</sup> 2016.

The laboratory received 14 sediment samples for the analysis of TOC, 6 of which were also to be analysed for sulphide. The samples for sulphide were packed separately.

Sampling was undertaken by the customer.

The following results were obtained (with one standard deviation from duplicate analysis for TN and TOC).

Sample marking	Lab code	TN % dw	TOC % dw	Sulphide mg/kg dw	Sulphide mg/L ww
13.5.2014 Otradalur st. B1	134047	0,17±0,01	1,30±0,01	-	-
13.5.2014 Otradalur st. B2	134048	0,28±0,05	1,25±0,01	-	-
13.5.2014 Otradalur st. C2	134049	0,21±0,05	0,95±0,07	-	-
14.5.2014 Otradalur st. D	134050	0,16±0,06	1,11±0,03	-	-
22.5.2015 Otradalur st. B1	134051	0,17±0,03	1,23±0,02	-	-
22.5.2015 Otradalur st. B2	134052	0,14±0,01	1,01±0,03	-	-
22.5.2015 Otradalur st. C	134053	0,15±0,01	1,01±0,07	-	-
22.5.2015 Otradalur st. D	134054	0,28±0,02	1,93±0,11	-	-
10.5.2016 Haganes st. A 16.A	134055	0,19±0,04	1,22±0,01	93,5	93,0
10.5.2016 Haganes st. B	134056	1,76±0,01	19,2±0,3	3170	1936
10.5.2016 Haganes st. D1	134057	0,28±0,06	1,87±0,07	11,3	10,9
10.5.2016 Haganes st. D2	134058	0,19±0,01	1,37±0,08	16,7	17,5
10.5.2016 Haganes st. G1	134059	0,48±0,06	3,03±0,01	7,6	4,2
10.5.2016 Haganes st. G2	134060	0,45±0,01	3,23±0,05	8,1	4,3

The results expressed on a molar basis are given in the following table.



**Viðauki IV**

Niðurstöður efnagreininga frá Sýni ehf.

Arnarlax hf  
B.t. Þóru Daggar Jörundsdóttur.  
Strandgötu 1  
465 Bíldudal.

**NIÐURSTÖÐUR EFNA- OG ÖRVERUGREININGA**

Sýni nr.: E-3220-3223-16

<b>Gerð sýnis:</b>	Sjósýni	<b>Móttækið:</b>	10.05.2016
<b>Sendandi:</b>	Arnarlax hf	<b>Rannsaði:</b>	10.05.2016
<b>Sýnataka:</b>	Arnarlax hf	<b>Verkkaupi:</b>	Arnarlax hf

Nr. Sýnis	Merking sýnis	Heildar N mg/L	Heildar P mg/L
E-3220	Sjósýni – Haganes STB, 10.05.2016	< 0,1	< 0,1
E-3221	Sjósýni – Haganes STD, 10.05.2016	< 0,1	< 0,1
E-3222	Sjósýni – Haganes viðmið 10.05.2016	< 0,1	< 0,1
E-3223	Sjósýni – Haganes ST.F 10.05.2016	< 0,1	< 0,1

Athugasemdir:

Reykjavík, 17. maí 2016

*Harpa Hlynisdóttir*  
Harpa Hlynisdóttir  
Matvælafræðingur

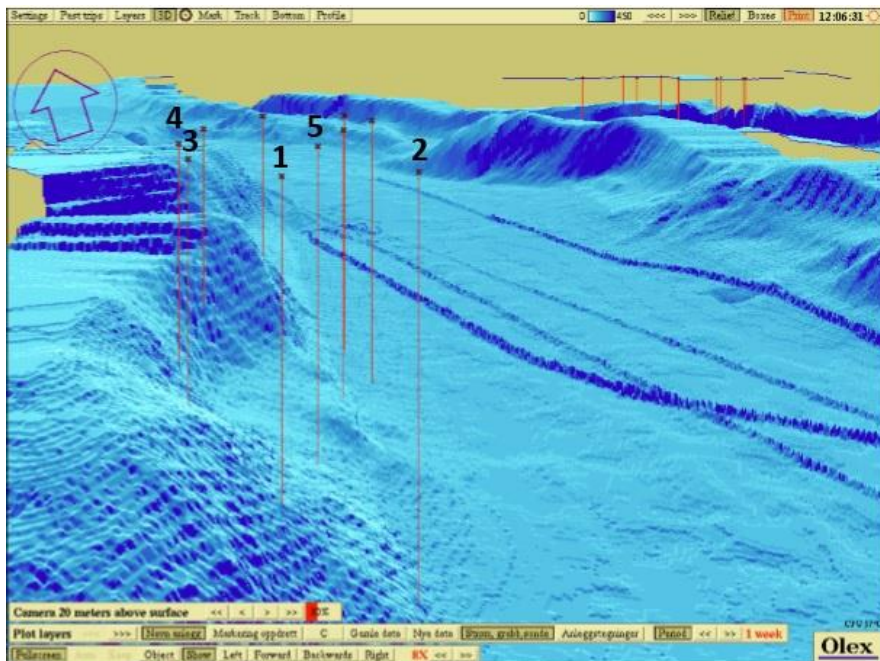
Niðurstöður eiga einungis við um það sýni sem mælt var.  
Upplýsingar um aðferðafræði, nákvæmni og næmni aðferða má fá hjá Rannsóknarþjónustunni Sýni hf.  
Óheimilt er að afrita prófunarskýrslur nema í heilu lagi ef ekki liggur fyrir skriflegt samþykki frá Rannsóknarþjónustunni Sýni ehf.

Síða 1 af 1

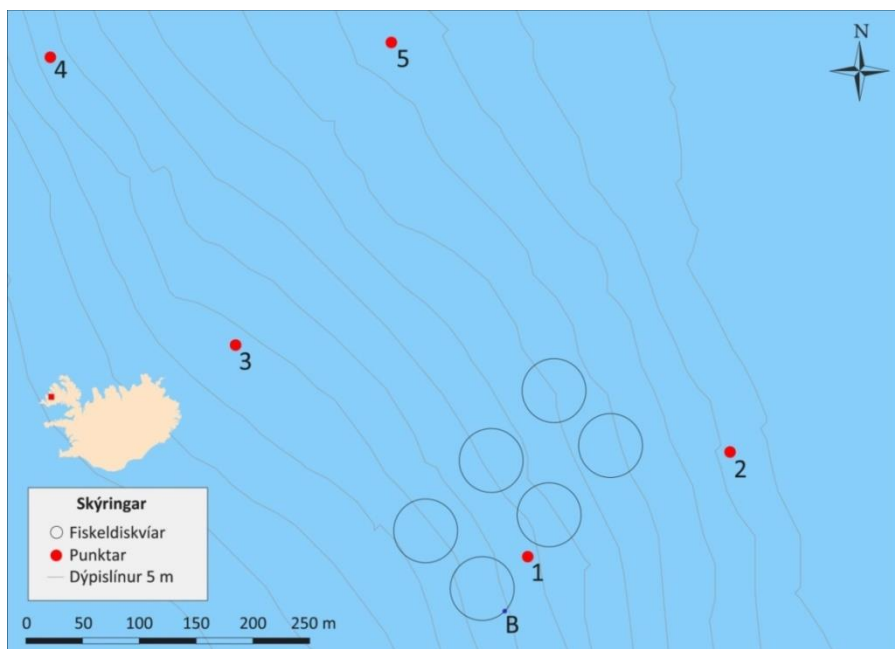
RANNSÓKNARÞJÓNUSTAN SÝNI EHF. • LYNGHÁLSI 3 • 110 REYKJAVÍK • KT. 410493-2689 • SÍMI 512 3380 FAX 512 3399

## Viðauki V

Mynd af kvíum yfir sjávarbotni Arnarfjarðar er gert eftir þrívíddarmynd af Haganesi (Helgeland 2013) og kvíar við Haganes 2016 staðsettar þar yfir.



Kort 2. Þrívíddarkort undir kvíum við Haganes, séð frá suðaustri (Helgeland Havbruksstasjon AS. 2013).



Kort 3. Kort sem sýnir staðsetningarpunkta þrívíddarmyndar af sjávarbotni Arnarfjarðar við Haganes ásamt staðsetningu kvía og 5m dýplínunum (Náttúrustofa Vestfjarða/HBA).

## Viðauki VI

Meðalfjöldi einstaklinga á m<sup>2</sup>, úr 0,5 mm sigti, auk fjölbreytni og einsleitni botndýra (tafla neðar) á fjórum stöðvum við Haganes 2014 (Margrét Thorsteinsson og Cristian Gallo 2016). Niðurstöður hafðar til samanburðar við niðurstöður úr sýnatöku 2016.

Hópar/Ætt/ tegund	Stöð			
	B	C	D	E
<b>Annelida Polychaeta</b>				
<i>Ampharete borealis</i>	0	0	93	80
Ampharetidae	0	13	0	27
<i>Chaetozone setosa</i>	0	13	173	0
<i>Cossura longocirrata</i>	0	27	227	187
<i>Euchone analis</i>	0	0	120	0
<i>Euchone sp</i>	0	0	120	27
<i>Galathowenia oculata</i>	0	13	67	0
<i>Lumbrineris sp</i>	0	27	53	53
<i>Mediomastus fragilis</i>	0	0	13	27
<i>Microphthalmus aberrans</i>	0	0	0	27
<i>Nephtys sp</i>	40	13	27	27
<i>Nicomache lumbricalis</i>	0	13	0	0
<i>Nicomache sp</i>	0	13	0	0
<i>Ophelina acuminata</i>	0	0	40	27
<i>Parougia nigridentata</i>	0	0	93	400
<i>Petaloproctus borealis</i>	0	13	0	0
<i>Pherusa falcata</i>	0	0	27	0
<i>Polycirrus sp</i>	0	0	13	0
<i>Praxillella praetermissa</i>	0	27	13	0
<i>Praxillella sp</i>	13	53	27	0
<i>Prionospio fallax</i>	200	387	1120	1653
<i>Prionospio sp</i>	0	0	480	507
<i>Scoloplos armiger</i>	40	13	0	0
<i>Spio sp</i>	0	13	0	0
<i>Syllis gracilis</i>	0	13	0	0
<i>Terebellides stroemi</i>	0	0	13	27
<b>Arthropoda Crustacea</b>				
<i>Leucon nasicoides</i>	0	0	13	0
Tanaidacea	0	0	67	80
<b>Nemertea</b>	0	0	40	53
<b>Sipuncula</b>	0	13	0	0
<b>Nematoda</b>	133	280	307	213

Framhald á töflu á næstu blaðsíðu.

Hópar/Ætt/ tegund	Stöð			
	B	C	D	E
<b>Mollusca Bivalvia</b>				
<i>Astarte crenata</i>	0	27	0	0
<i>Astarte sp</i>	27	0	0	0
<i>Astarte sulcata</i>	27	13	0	0
<i>Ennucula tenuis</i>	67	53	107	0
<i>Nuculana spp</i>	13	0	93	0
<i>Parvicardium pinnulatum</i>	13	0	0	0
<i>Thyasira flexuosa</i>	0	27	13	0
<b>Mollusca Gasteropoda</b>				
<i>Euspira pallida</i>	13	13	0	0
<i>Lepeta caeca</i>	13	0	0	0
<i>Retusa obtusa</i>	0	13	0	0

Fjölbreytni og einsleitni botndýra úr 0,5 mm sigti frá Haganesi 2014.

Stöð	S	N	J'	H'(loge)	H'(log2)
B	10	467	0,79	1,82	2,62
C	20	813	0,71	2,13	3,07
D	21	3053	0,64	1,94	2,80
E	13	1599	0,50	1,27	1,84

## Viðauki VII

Meðalfjöldi einstaklinga á m<sup>2</sup>, úr 1 mm sigti, auk fjölbreytni og einsleitni botndýra frá Haganesi 2016 notað til samanburðar við viðmið NS 9410:2007 staðalsins.

Hópar/Ætt/ tegund	A	C	D	E	G
<i>Ampharete borealis</i>	0	0	17	0	100
<i>Capitella capitata</i>	150	84	267	0	0
<i>Chaetozone setosa</i>	0	0	550	33	167
<i>Cossura longocirrata</i>	0	0	67	25	150
<i>Ennucula tenuis</i>	0	0	333	17	0
<i>Eteone longa</i>	0	0	33	0	50
<i>Glycera alba</i>	25	0	0	0	0
<i>Leucon nasicoides</i>	0	0	0	33	0
<i>Lumbrineris</i> sp	0	0	0	17	33
<i>Mediomastus fragilis</i>	0	0	0	0	217
<i>Mytilus edulis</i>	0	67	0	0	0
<i>Nemertea</i>	0	0	0	33	33
<i>Nephtys caeca</i>	0	0	0	0	17
<i>Nephtys</i> sp	0	0	50	33	0
<i>Nuculana</i> spp	0	0	50	17	33
<i>Ophelina acuminata</i>	0	0	0	17	33
<i>Parougia nigridentata</i>	0	0	33	0	0
<i>Prionospio fallax</i>	0	0	83	500	1700
<i>Samytha sexcirrata</i>	0	0	0	67	150
<i>Scoloplos armiger</i>	0	0	17	0	0
<i>Semibalanus balanoides</i>	0	33	0	0	0
<i>Thyasira flexuosa</i>	0	0	17	50	50

Fjölbreytni og einsleitni botndýra, úr 1mm sigti, frá Haganesi 2016.

Stöð	S	N	J'	H'(loge)	H'(log2)
A	2	175	0,59	0,41	0,59
C	3	184	0,94	1,04	1,49
D	12	1517	0,74	1,85	2,66
E	12	842	0,65	1,61	2,32
G	13	2733	0,58	1,50	2,16