



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Áhrif skolplosunar frá Selfossi
á efnastyrk, lífríki og veiðinýtingu í Ölfusá

Eydís Salome Eiríksdóttir, Benóný Jónsson, Iris Hansen, Magnús Jóhannsson,
Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Sigurður Óskar Helgason

Áhrif skolplossunar frá Selfossi
á efnastyrk, lífríki og veiðinýtingu í Ölfusá

Eydís Salome Eiríksdóttir, Benóný Jónsson, Iris Hansen,
Magnús Jóhannsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og
Sigurður Óskar Helgason

Skýrslan er unnin fyrir Sveitarfélagið Árborg

Upplýsingablað

Titill: Áhrif skulplosunar frá Selfossi á efnastyrk, lífríki og veiðinýtingu í Ölfusá		
Höfundur: Eydís Salome Eiríksdóttir, Benóný Jónsson, Iris Hansen, Magnús Jóhannsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Sigurður Óskar Helgason		
Skýrsla nr: HV 2018-49	Verkefnisstjóri: Guðni Guðbergsson	Verknúmer: 11196
ISSN 2299137	Fjöldi síðna: 73	Útgáfudagur: 19. desember 2018
Unnið fyrir: Verkfræðistofuna Eflu	Dreifing: Opin	Yfirfarið af: Jón S. Ólafsson
Ágrip Í skýrslunni eru raktar niðurstöður rannsókna í Ölfusá sem miðuðu að því að svara hver áhrif núverandi fráveitu á Selfossi væru á efnasamsetningu og lífríki árinna. Niðurstöðurnar benda til þess að mengun frá aðalskolprás á Selfossi hafi áhrif á efnastyrk í ánni og ástand lífríkis Ölfusár, fiskgöngur og veiði. Helstu niðurstöður eru þær að neðan skolprásar við Geitnes mældist aukinn styrkur næringarefna og margra aðal- og snefilefna, minni fjölbreytileiki grænpörunga og blábaktería og minni þéttleiki kísilpörunga, auk þess sem magn blaðgrænu á steinum var marktækt lægra neðan skolprásar en ofan hennar. Jafnframt var þar minni þéttleiki rykmýs en ofan skolprásar þrátt fyrir að fjölbreytni væri meiri neðan skolprásar. Mun meira magn ána (liðorma) var neðan skolprásar en ofan hennar. Rannsóknin leiðir í ljós að þéttleiki laxfiskaseiða er minni neðan skolprásarinnar en ofan hennar, sérstaklega þéttleiki laxaseiða, auk þess sem veiðinýting í Ölfusá hefur minnkað mikið, sérstaklega á jörðum neðan skolprásar.		
Abstract The influence of untreated wastewater disposal from Selfoss on water composition, aquatic life and fisheries in River Ölfusá. <i>This report presents results on a study carried out in River Ölfusá to assess the possible impact from disposal of raw sewage from the town Selfoss on water chemical composition, fish populations, algal and invertebrate assemblages. The results indicate that the sewage contamination affects the chemical composition of the river, the aquatic communities and fishing. The effect is found below the sewage outlet at Geitnes, as an increased concentration of nutrients and many primary- and trace elements, a lower diversity of green algae and cyanobacteria, and a decrease in diatoms density. There was a pronounced</i>		

change in chironomids which had a greater diversity and lower density below the sewage. In addition, the concentration of chlorophyll a was significantly lower below the sewage outlet than upstream from it. The abundance of oligochetes was by far greater below the sewage outlet than further upstream. There was a decrease in density of salmonid parr below the sewage outlet, especially of Atlantic salmon. In addition, the disposal of raw sewage seems to have had a major impact on fishing in R. Ölfusá below the sewage outlet.

Lykilorð: Ölfusá, Selfoss, fráveita, skulp, mengun, vatnalíf, fiskur, bleikja, lax, urriði, seiðarannsóknir, fæða, efni, þörungar, smádýr, veiðinytjar

Undirskrift verkefnisstjóra:



Undirskrift forstöðumanns sviðs:



Efnisyfirlit

1. Inngangur	1
2. Staðhættir	4
3. Aðferðir	6
3.1 Efnastyrkur í vatni	6
3.2 Botnlægir þörungar, blábakteríur, mosi og set á steinum	7
3.3 Botnlægir hryggleysingar	10
3.4 Fiskur	11
4. Niðurstöður	13
4.1 Almenn áhrif af skolplosun við Geitanes	13
4.2 Efnastyrkur í vatni og hormón í seiðum	13
4.3 Botnlægir þörungar, blábakteríur, mosi og set á steinum	17
4.3.1 Set, mosar, blaðgræna og lífræn efni	17
4.3.2 Þörungar og blábakteríur	20
4.3.3 Kísilþörungar	22
4.4 Botnlægir hryggleysingar	26
4.5 Fiskur	31
4.5.1 Seiðarannsóknir 2017	31
4.5.2 Vöktun á seiðabúskap	35
4.5.3 Lax- og silungsveiði	39
5. Umræður	42
5.1 Efnastyrkur í vatni og hormón í seiðum	42
5.2 Botnlægir þörungar og blábakteríur	46
5.3 Botnlægir hryggleysingar	49
5.4 Fiskar	51
6. Lokaorð	55
Heimildir	60

Myndayfirlit

1. mynd. Yfirlitsmynd af Ölfusá við Selfoss	5
2. mynd. Styrkur uppleystra næringarefna í sýnum úr Ölfusá	15
3. mynd. Laxaseiði sem send voru til greiningar á hormónum í fiskholdi	17

4. mynd. Niðurstöður mælinga á blaðgrænu á mosa og steinum af botni Ölfusár .	19
5. mynd. Hlutföll mismunandi ættkvísla þörunga og blábaktería af heildarþéttleika	22
6. mynd. Þéttleiki kísilþörunga á steinum og af mosa.	23
7. mynd. Meðalþéttleiki botnlægra hryggleysingja í Ölfusá	26
8. mynd. Meðalþéttleiki botnlægra hryggleysingja og hutfallslegur þéttleiki.	28
9. mynd. Tegundir og ættkvíslir rykmýs í Ölfusá.....	29
10. mynd. Hutfallslegur þéttleiki tegunda og ættkvísla rykmýs	30
11. mynd. Fæða, sem rúmmálshlutfall af magainnihaldi, hjá laxfiskaseiðum í Ölfusá.....	33
12. mynd. Þéttleiki laxaseiða eftir aldri í Ölfusá	34
13. mynd. Hlutfallsleg skipting seiða laxfiska eftir tegundum í Ölfusá	36
14. mynd. Hlutfallsleg breyting á heildarþéttleika seiða laxfiska í Ölfusá á árunum 1985-2017	37
15. mynd. Hlutfallsleg tíðni fæðugerða sem aðalfæða hjá seiðum laxfiska í Ölfusá á árabílinu 1985-2017.....	38
16. mynd. Laxveiði á stöng og í net á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár	39
17. mynd. Laxveiði í net í Ölfusá á árunum 1958-2016 sem hlutfall af meðalveiði	40
18. mynd. Hlutfallsleg breyting á laxveiði í net á árunum 1970 til 2016 á veiðijörðum ofan og neðan skolprásar við Geitanes.....	41
19. mynd. Fjórðungsmörk styrks næringarefna í Ölfusá.....	44

Töfluyfirlit

Tafla 1. Niðurstöður mælinga á uppleystum efnum, heildarstyrk lífræns kolefnis og hormónum í vatni í sýnum úr Ölfusá.	14
Tafla 2. Niðurstöður mælinga á hormónum í laxaseiðum	16
Tafla 3. Niðurstöður mælinga á magni blaðgrænu a , lífræns efnis í seti (öskulaus þurrvig) og öskulausrar þurrvigtar mosa af steinum úr Ölfusa á stöðvum 530 og 540 haustið 2017.....	17
Tafla 4. Hópar (ættkvíslir) kísilþörunga, grænþörunga og blábaktería á stökum steinum frá tveimur sýnatökustöðum í Ölfusá	21
Tafla 5. Hlutdeild (%) kísilþörungategunda og tegundahópa sem fundust á steinum úr Ölfusá, á stöðvum 530 og 540.	24
Tafla 6. Þéttleiki botnlægra hryggleysingja á tveimur sýnatökustöðvum í Ölfusá.....	27
Tafla 7. Straumur, vatnsdýpi og botngerð á sýnatökustöðum 530 og 540 í Ölfusá..	31
Tafla 8. Þéttleiki seiða laxfiska eftir tegundum og aldri í Ölfusá	32
Tafla 9. Meðallengd seiða laxfiska í Ölfusá eftir tegundum og aldri.....	32

1. Inngangur

Vatnasvið Ölfusár og Hvítár er með stærri vatnasviðum landsins. Svæðið er jarðfræðilega fjölbreytt, með allar helstu meginárgerðir sem finnast á Íslandi, þ.e. dragá, lindá og jökulá. Í Ölfusá lifa allar tegundir íslenskra vatnafiska, lax, urriði, bleikja, áll og hornsíli. Auk þessara tegunda er flundra í Ölfusárósi. Lax, urriði og bleikja ganga til sjávar og taka þar út vöxt, en hluti af urriða- og bleikjustofnum á vatnasvæðinu, ganga þó aldrei til sjávar og teljast þar með staðbundnir. Umtalsverð veiði á laxi og silungi er stunduð á vatnasvæðinu og eru ár þar meðal fisksælustu laxveiðiáa landsins. Fiskrannsóknir hafa verið stundaðar af Veiðimálastofnun (nú Hafrannsóknastofnun) í Ölfusá samfelld frá árinu 1985. Þær rannsóknir hafa einkum beinst að seiðabúskap, þ.e. þéttleika seiða, fjölda seiða í árgöngum ásamt vexti og fæðu þeirra. Jafnframt hafa verið gerðar rannsóknir á fæðudýrum og hefur göngufiskur verið aldursgreindur. Þessar rannsóknir, sem unnar hafa verið fyrir Veiðifélag Árnesinga, eru hluti af vöktunarrannsóknnum á vatnasvæðinu í heild og hafa gefið mikilvægar upplýsingar um lífsferla fiska á svæðinu, stöðu fiskstofna og breytingar á þeim. Samkvæmt þessum rannsóknnum er lax víðast hvar ríkjandi tegund í fiskgöngum hluta Ölfusár. Lítið kemur fram af tveggja ára laxaseiðum eða eldri. Þetta bendir til þess að seiðin nái gönguproska tveggja og þriggja ára, sem er í samræmi við aldursgreiningar göngulaxa af vatnasvæðinu (Magnús Jóhannsson 1991) og er áþekkt því sem algengt er í frjósömum ám á Íslandi (Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson 1996). Urriða er víða að finna en lítið er af bleikju (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2012a). Búsvæði fyrir seiði laxfiska voru metin í Ölfusá árið 2011. Þær niðurstöður ásamt seiðarannsóknnum benda til þess að í Ölfusá séu víða hagstæð búsvæði fyrir seiði laxfiska (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2012b). Af öðrum rannsóknnum má nefna efna- og gerlarannsóknir sem voru gerðar á árunum 1972 og 1973 (Halldór Ármannsson o.fl. 1973, Sigurjón Rist 1974) og gerlarannsóknir 1979 (Sigurður Pétursson 1979) og efna-, rennslis- og aurburðarrannsóknir frá 1996 til dagsins í dag (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2003; 2018). Niðurstöður mælinga á uppleystum efnum í Ölfusá við Selfossbrú frá 1996 til 2015 eru notaðar til samanburðar við niðurstöður mælinga á vatnssýnum sem safnað var úr Ölfusá í tengslum við núverandi rannsókn.

Í dag eru fimm skolprásir frá byggðinni á Selfossi. Tvær þeirra eru sunnan árinna og er önnur þeirra aðeins notuð í neyð. Tvær minni skolprásir eru frá byggð norðan árinna og ein frá sláturhúsi Sláturfélags Suðurlands. Meginhluti skolps frá byggð og atvinnurekstri á Selfossi fer um aðra skolprásina sunnan árinna og fellur í ána ofan við Geitanes. Hún var tekin í fulla notkun árið 2006 þegar níu skolprásir voru sameinaðar. Neðst þeirra var skolprásin við Fossheiði sem fór í ána nokkru neðan við Selfossbæina en hún var tekin í notkun árið 1974. Allt skolp frá Selfossi er óhreinsað fyrir utan að rotþró er við skolprás frá byggðinni norðan árinna. Auk skolprásanna eru sex regnvatnsrásir sem taka við regnvatni í aðskildum lögnum

(Jón Ágúst Jónsson o.fl. 2017). Árið 2016 var meðaltal lífrænnar mengunar frá heimilum og atvinnurekstri, mældri í persónueiningum (PE), 53 þúsund PE, en mælt hefur verið í tveimur brunnum, annars vegar sunnan ár (við flugvöllinn) og hins vegar norðan ár (við veiðihúsið) (Mannvit 2017). Persónueining (PE) er magn lífrænna efna sem samsvarar því sem einn einstaklingur er að jafnaði talinn losa frá sér á sólarhring. Fjöldi persónueininga í Ölfusá hefur verið breytilegur á milli mælinga, eða frá tæplega 8.700 upp í rúmlega 111.600. Stærsti hluti mengunarinnar fer um skolprás við Geitanes eða að jafnaði um 37 þúsund PE (Mannvit 2017) og yfir 80% hennar er frá fyrirtækjum, mest frá Mjólkurbúi Flóamanna (Jón Ágúst Jónsson o.fl. 2017). Auk lífrænnar mengunar fara ýmis mengandi efni og efnasambönd ásamt gerlum um fráveituvatnið.

Rannsóknin sem hér er greint frá er unnin í tengslum við umhverfismat á verkefni sem miðar að því að koma skolphreinsun á Selfossi í viðunandi horf (Jón Ágúst Jónsson o.fl. 2017). Rannsóknin miðaði fyrst og fremst við að svara því hver áhrif a) núverandi fráveitu (núllkosta) á styrk uppleystra efna, vatnalífriki og veiðinýtingu í Ölfusá væru. Þar var horft til meginskolprásar ofan við Geitanes (við flugvöll). Einnig var leitast við að svara hvaða áhrif fyrirhuguð framkvæmd hefði á lífríki viðtaka ef eftirfarandi valkostir yrðu fyrir valinu: b) bygging á eins þreps hreinsistöð við Sandvík með útrás í Ölfusá, c) bygging á tveggja þrepa hreinsistöð við Sandvík með útrás í Ölfusá, d) bygging hreinsistöðvar með ítarlegri hreinsun en tveggja þrepa við Sandvík með útrás í Ölfusá og e) bygging á grófhreinsistöð við Sandvík og dæling skolps um lögn með Eyrarbakkavegi og áfram út í sjó við Eyrarbakkahöfn. Við upplegg rannsóknarinnar var haft í huga að Sveitarfélagið Árborg hefur sett það markmið að ef Ölfusá verði viðtaki eigi ástand hennar að geta flokkast sem gott eftir að framkvæmdum við fráveitu lýkur.

Rannsókninni var ætlað að leita svara við eftirfarandi spurningum varðandi vatnsgæði og lífríki Ölfusár sem viðtaka:

1. Hver er styrkur efna í vatni (pH, leiðni, uppleyst næringarefni, -aðalefni, -snefilefni, lífrænt kolefni og hormón) ofan og neðan núverandi útrásar í Ölfusá?
2. Hvaða áhrif hefur framkvæmdin, m.v. framlagða valkosti, á vatnsgæði viðtaka?
3. Hver er lífmassi blábaktería ofan og neðan núverandi útrásar í Ölfusá?
4. Hver er samsetning, fjölbreytni, þéttleiki og lífmassi þörungna ofan og neðan núverandi útrásar í Ölfusá?
5. Hvert er magn blaðgrænu ofan og neðan núverandi útrásar í Ölfusá?
6. Hver er samsetning, fjölbreytni, þéttleiki og lífmassi hryggleysingja ofan og neðan núverandi útrásar í Ölfusá?
7. Hver er lífmassi, fjölbreytni, þéttleiki og ástand laxfiskaseiða ofan og neðan núverandi útrásar í Ölfusá? Auk þess er leitast við að svara áhrifum fráveitu á veiði ofan og neðan útrásar.
8. Er magn hormóna (17-beta-östradiol og 17-alfa-etinylöstradiol) meira neðan útrásar fráveitu en ofan hennar?

9. Hver er styrkur ofangreindra hormóna í seiðum laxfiska úr Ölfusá, ofan og neðan fráveitu?

10. Hvaða áhrif hefur framkvæmdin, m.v. framlagða valkosti, á lífríki viðtaka?

Frá 1985 hefur verið fylgst með laxfiskaseiðum á fjórum rannsóknastöðvum í Ölfusá, tveimur ofan Ölfusárbrúar, einni við Selfossbæina (ofan við skolprás við Geitanes) og á stöð neðan við skolprás.

Til að svara ofangreindum spurningum voru gerðar mælingar og unnið úr tiltækum gögnum fyrir eftirfarandi þætti: 1) efni í vatni, 2) botnlæga þörunga, 3) botnlæga hryggleysingja og 4) fiska.

2. Staðhættir

Ölfusá er að uppruna lindá með töluverðum dragár- og jökuláreinkennum og er rennsli hennar jafnað af stöðuvötnum (Sigurjón Rist 1990). Hún myndast þar sem saman koma Hvítá og Sog um 25 km ofan við árósa við Óseyrarbrú. Vatnasvið Ölfusár er 5.678 km² og var meðalrennsli árinna við Selfoss 378 m³ sek⁻¹ yfir tímabilið 1951–2008 (Hilmar Björn Hróðmarsson o.fl. 2009). Margar þverár renna til meginvatnsfallsins Hvítár-Ölfusár. Af fiskgengum svæðum eru þeirra helstar Stóra-Laxá, sem er dragá, og Tungufljót, Brúará og Sog, sem allar eru lindár. Á vatnasvæðinu öllu er sjógengnum laxfiskum gengt um a.m.k. 323 km af árfarvegum og er Hvítá fiskgeng að Gullfossi, en þangað eru 95 km frá ósi í sjó. Til Ölfusáróss rennur að vestan Varmá, sem er dragá og er hún fiskgeng. Rafleiðni (leiðni) Ölfusár hefur mælst frá 54 til 76 µS/cm við 25°C (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2012a). Leiðni vatns segir til um styrk uppleystra rafhlaðinna efna og efnasambanda í vatninu og eykst með auknum efnastyrk. Ölfusá rennur með hraunjaðri Þjórsárhraunsins mikla sem rann fyrir 8.700 árum (Árni Hjartarson 1988) og er hraunjaðarinn að miklu leyti með öllum austurbakka árinna.

Rannsóknin sem fór fram haustið 2017 og hér er greint frá, fór fram á stöðvum 530 og 540, ofan og neðan við skolprásina á Geitanesi (1. mynd). Sýnasöfnun fór fram meðfram bakka árinna á báðum stöðvum. Straumur á báðum stöðvum var fremur stríður en þó heldur stríðari á neðri stöðinni. Dýpi á efri stöðinni (stöð 530) var 5–40 cm en 20–50 cm á þeirri neðri (stöð 540). Botninn á efri stöðinni var að mestu hulinn smágrýti en grófara efni og klapparbotn einkenndi neðri stöðina. Mikið var um mosa á báðum stöðvum en auk þess var botn á neðri stöðinni þakinn gráleitri skán.



1. mynd. Yfirlitsmynd af Ölfusá við Selfoss. Sýnum af vatni, fiskum, þörungum og botndýrum var safnað á stöðvum 530 og 540 sem eru merktar með rauðum hringjum. Stöð 530 er um 1,5 km ofan við skolprás við Geitanes (rauð stjarna) og stöð 540 er um 500 m neðan hennar. Eldri seiðagögn voru greind af öllum stöðvunum þremur (520, 530 og 540). Rauð ör sýnir hvar fyrirhugað er að setja nýja skolprás og rauður þríhyrningur sýnir hvar sýnum af vatni hefur verið safnað frá árinu 1996.

Figure 1. Samples of water, fish, algae, invertibrates were collected in River Ölfusá in autumn 2017 at station 530 and 540 shown as red circles. Site 530 is located above the waste water outlet (red star) and site 540 below the outlet. Juvenile fish data from previous years were used from all sampling sites (520, 530 og 540). A red arrow shows the location of planned outflow for new wastewater treatment plant and a red triangle shows the location of water sampling site monitored since 1996.

3. Aðferðir

3.1 Efnastyrkur í vatni

Efnasýnum var safnað á fjórum stöðum þann 7. nóvember 2017, þ.e.: 1) Ölfusá af brú við Selfoss (merkt með þríhyrningi), 2) Ölfusá af bakka á stöð 530 ofan við skolprás, 3) Ölfusá af bakka á stöð 540 neðan við skolprás og 4) beint úr skolprás við Geitanes (merkt með stjörnu á 1. mynd). Sýnum af bakka var safnað beint í brúsa en sýnum af brú og úr skolprás var safnað í fötu og var sýnunum svo hellt í brúsa. Brúsinn og fatan voru hreinsuð með vatninu fyrir söfnun. Sýnin voru síuð á staðnum með því að dæla þeim í gegnum „in-line“ plast síuhaldara (MFS) sem í var Cellulose acetate síur, 47 mm að þvermáli og 0,2 μm gatastærð. Notuð var peristaltísk dæla með sílikon slöngum frá Masterflex. Síað var í: 1) 250 ml brúna glerflösku fyrir alkalinity (basavirkni – Alkalinity), 2) 100 ml ósýrupvegna HDPE plastflösku fyrir anjónir, 3) 100 ml HDPE ósýrupvegna plastflösku fyrir næringarefni og 4) 50 ml sýrupvegna HDPE plastflösku fyrir aðal-katjónir og snefilefni. Sett var 0,5 ml af hreinsaðri saltpétursýru í 4. flöskuna. Þetta er sambærileg söfnunaraðferð og notuð hefur verið við sýnasöfnun í Ölfusá af brú við Selfoss frá 1996 (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018). Sýnið sem safnað var af Ölfusárbrú þann 7. nóvember 2017 var tekið í þeim tilgangi að bera það saman við mælingar sem þegar hafa verið gerðar á sýnum frá sama stað.

Sýnum til mælinga á heildarstyrk lífræns kolefnis (TOC) var safnað ósíuðum í 100 ml plastflöskur sem voru frystar í lok sýnatökudags. Sýnum til mælinga á hormónum í vatni var safnað beint í 1L brúna glerflöskur sem voru fylltar að öxlum og settar í frost til varðveislu hormónanna sem eru óstöðug. Ein flaskan sprakk, með sýni frá stöð 530. Því var farið aftur og safnað nýju sýni þann 4. desember 2017. Ekki var safnað fyrir neinum öðrum efnisþáttum í það skiptið.

Vatnshiti, leiðni og sýrustig (pH) var mælt af starfsmönnum Hafrannsóknastofnunar við söfnun sýna með YSI Pro 1030 fjölnemamæli (mælingar staðlaðar miðað við 25°C) en alkalinity var greint daginn eftir söfnun á rannsóknarstofu Hafrannsóknastofnunar. Styrkur uppleystra anjóna (F, Cl og SO₄) var mældur á jónaskilju Jarðvísindastofnunar Háskólans og styrkur annarra uppleystra efna, heildarstyrkur lífræns kolefnis og hormóna í vatni var mældur hjá ALS Scandinavia í Svíþjóð. Alkalinity var greint með títrun og endapunktur ákvarðaður með Gran-falli og pH var mælt með rafskauti og pH mæli sem kvarðaður var með pH búfferum 4 og 7. Anjónir voru mældar á jónaskilju (IC-2000), næringarefni voru greind með sjálfvirkum litrófsmæli (autoanalyser) og önnur leyst efni voru mæld með massagreinum í Svíþjóð, ICP-AES (aðalefni) og ICP-SFMS (snefilefni og málmar). Hormón í vatni voru mæld af ALS Scandinavia með gasskilju-massagreini (GC-MS).

3.2 Botnlægir þörungar, blábakteríur, mosi og set á steinum

Sýnatökur á botnlægum hryggleysingjum og þörungum fóru fram í Ölfusá samhliða söfnun efnasýna þann 7. nóvember 2017. Sýnum var safnað á tveimur stöðum, fyrir ofan skolprás (stöð 530) og neðan hennar (stöð 540) (1. mynd). Valin var 15 metra árkafla fyrir sýnatökur á hvorum sýnatökustað. Á þeim kafla var sýnum safnað af botni Ölfusár til þess að greina samfélög og helstu hópa þörungna og blábaktería, tegundasamsetningu kísilþörungna og til að mæla magn blaðgrænu á steinum (blaðgræna a). Tíu steinar voru valdir á tilviljunarkenndan hátt af árbotninum á um tveggja metra breiðu belti meðfram bakkanum. Steinarnir voru vafðir inn í álpappír til að verja sýnin fyrir ljósi og hnjaski og þeir rækilega merktir.

Á rannsóknarstofu var allt lauslegt lífrænt og ólífrænt efni hreinsað af steinum með uppþvottabursta (með mjúkum hárum) og kranavatni. Það sem kom af hverjum steini var sett í 0,5–1 lítra dósir og vigtað til að fá mælikvarða á upphaflega stærð sýnis. Mikill mosi var á öllum steinum (nema á einum frá hvorum stað) og í mosanum var mikið set. Set og lausir þörungar voru aðskildir frá mosanum, sett í sér dós og vigtað. Mosanum var haldið aðskildum frá afganginum af sýninu. Eftir þvott, var mosinn þurrkaður og vigtaður til að fá upplýsingar um magn hans á hverjum steini. Af hverjum steini var sýnum þannig skipt upp í tvo hluta: „af steini“ var það sem skolað var af steininum sjálfum og „af mosa“ var það sem var losnaði af mosanum sem hafði vaxið á steininum. Hlutsýni voru tekin úr báðum sýnahlutum („af steini“ og „af mosa“). Fyrst voru hlutsýni (um 12 ml) tekin úr öllum sýnum til að mæla magn blaðgrænu. Eftir það var hvorum sýnishluta skipt í þrennt. Magn og hlutfall lífrænna efna var mælt úr hlutsýni af öllum steinum (1/3 af afgangi) út frá öskulausri þurrvigð þess sem hafði verið á steinum. Magnmæling á helstu hópum þörungna og tegundagreiningar á kísilþörungum var gerð með skoðun hlutsýna sem tekin voru af þremur af tíu steinum er valdir voru af handhófi. Afgangi af sýnum þeirra sjö steina sem eftir voru var eytt. Hlutsýni sem ætluð voru til magnmælinga á helstu hópum þörungna voru varðveitt í formalíni en hlutsýni til kísilþörungagreininga voru varðveitt með joðblöndu (Lugol). Hlutsýnin voru vigtuð til að meta hlutfall þeirra af heildarsýninu. Flatarmál steina var mælt með því að þekja yfirborð þeirra með einföldu lagi af álpappír, sem síðan var vigtaður. Flatarmál hvers steins var svo reiknað út frá þyngd af mældu flatarmáli álpappírs af sömu rúllu og notuð var við flatarmálmælingarnar. Gert var ráð fyrir að helmingur af yfirborðsfleti hvers steins hafi legið ofan botns og því var það flatarmál notað til að reikna út þéttleika þörungna, magn blaðgrænu og lífrænna efna á hvern fersentimetra.

Magn blaðgrænu a var mælt til að meta lífmassa þörungna. Byrjað var á að sía sýnin með sogflösku í gegnum glertrefjasíu (Whatman® GF/C, 47 mm í þvermál með 1,2 μ m gatastærð). Súpappírnum var komið fyrir í 15 ml skilvinduglösum og 5 ml af 96% etanóli bætt út í til þess að leysa upp blaðgrænu þörungna, blábaktería og annars gróðurs. Sýnin voru látin standa í 24

klukkustundir í myrkum kæliskáp til að koma í veg fyrir að ljós næði til sýnanna og þar með hugsanlega hafa áhrif á niðurbrot á blaðgrænu. Daginn eftir voru sýnin spunnin niður í skilvindu (við stofuhita) í 5 mínútur við 3.000 snúninga/mínútu, til þess að aðskilja grugg frá uppleystri blaðgrænunni. Hlutsýni (4 ml) voru tekin og sett í kúvettu (10 x 10 mm) sem komið var fyrir í ljósgleypnimæli (HACH Lange, DR 5000). Fyrir mælingu var 96% etanól sett í kúvettu og mælt til þess að staðla ljósgleypnimælinn. Ljósgleypnin var mæld við 665 nm og 750 nm. Fyrri bylgjulengdin mælir topp á blaðgrænu α en sú síðari er notuð til að leiðrétta fyrir gruggi í lausninni. Mælingin var síðar endurtekin eftir að 5 dropum af 0,1 N HCl hafði verið bætt út í sýnið í þeim tilgangi að brjóta niður blaðgrænuna. Með því móti er hægt að reikna út hve mikið af virkri blaðgrænu var í sýninu. Við undirbúning sýna og mælingar á blaðgrænu var stuðst við aðferðir Steinmann o.fl. (2006).

Hlutsýni sem ætluð voru til að mæla þyngd og hlutfall lífrænna efna í seti voru geymd í kæli án varðveisluefna þar til þau voru unnin. Sýnin voru síuð með sogflösku í gegnum glertrefjasíur (Whatman® GF/C 47 mm í þvermál). Síurnar höfðu áður verið brenndar við 550°C í klukkustund í brennsluofni og vigtaðar eftir að þær höfðu náð herbergishita. Trefjasíur með sýnum á, voru þurrkaðar við 60°C í 2 sólarhringa og vigtaðar að þurrkun lokinni. Þá voru síurnar brenndar í brennsluofni við 550°C í 2 klukkustundir og vigtaðar í 3. sinn. Öskulaus þurrvigt hvers sýnis var að lokum reiknuð út ásamt hlutfalli hennar af heildarþyngd sýnis, en það segir til um hlutfall lífræns efnis í sýninu. Sömu aðferðum var beitt til að mæla þurrvigt mosa af hverjum steini. Mosinn var þurrkaður í tvo sólarhringa við 60°C, þá vigtaður, svo brenndur við 550°C í um tvær klukkustundir og að lokum vigtaður aftur.

Fyrir meðhöndlun sýna sem ætluð voru til greininga á helstu hópum þörunga og blábaktería var byrjað á að velta flöskunum með sýninu nokkrum sinnum til þess að fá sem jafnasta dreifingu á sýninu. Tekið var 0,1 ml hlutsýni úr hverri flösku og það sett á sérútbúið smásjárgler, Palmer-Maloney counting Chamber. Þekjugler var lagt varlega yfir sýnið á smásjárglerinu og brúnir þekjuglerjanna lakkaðar með glæru naglalakki til að varna uppgufun. Þörungar og blábakteríur voru talin og greind í Leica DM4000B fasasmásjá, við 200–400 falda stækkun. Við þessa stækkun sjást minnstu kísilþörungar (< 10 μm á lengd) illa sem verður að hafa í huga við túlkun gagna. Þörungar voru greindir til ættkvísla og frumur þeirra taldar. Þar sem erfitt getur reynst að greina frumuskil blábaktería voru þráðlaga blábakteríur taldar í einingum, þar sem hver eining innihélt 10 μm langan bút úr þræðinum. Að lágmarki voru 300 frumur/einingar taldar í heildina í hverju hlutsýni. Ef þéttleikinn var undir 300 frumum/einingum var talið úr öllu hlutsýninu. Notast var við WhippleGrid reitagler (NE71 Index pattern, 10 x 10 mm grid with 0,5 mm squares, PYSER-SGI, UK), sem komið var fyrir í augnstykki smásjárinnar. Með WhippleGrid sést rúðunet í sjónsviði smásjárinnar (talningarreitir) sem nýtast við að telja og mæla þekju þörunga og hlutfallslega þekju mismunandi ættkvísla. Hlutsýnunum var skipt niður í snið, sem lágu þvert yfir Palmer-Maloney

smásjárglerið. Sniðin voru lína af stökum sjónsviðum hlið við hlið, talið var úr hverju sjónsviði fyrir sig og fjöldi þeirra var skráður, til að geta uppreiknað þéttleika þörunga. Greint var úr einu sýni frá hvorri sýnatökustöð, eingöngu úr þeim hluta sýnisins sem var af steininum sjálfum.

Auk grófflokkunar þörunga og blábaktería voru kísilþörungar greindir til tegunda. Einfruma kísilþörungar eru greindir til tegunda út frá útliti tveggja kísilskelja sem umlykja frumuna eins og askja. Skeljarnar eru þaktar gatamynstri sem einkenna hverja tegund fyrir sig. Til að mynstrin sjáist vel þarf að eyða lífrænum efnum úr frumunum. Það var gert með því að taka hlutsýni (10 ml) úr þriðjungs hlutsýninu og spinna niður í skilvindu í 15 mínútur við 2000 snúninga/mínútu. Eftir spunann var allur vökvi tekinn ofan af botnfallinu og um 1 ml af saltpéturssýru 65% bætt út í sýnið. Sýni með sýru voru látin standa yfir nótt eða þar til öll lífræn efni virtust horfin úr sýninu, fyrstu klukkustundirnar í vatnsbaði (um 50°C) en við stofuhita eftir það. Þá voru þau skoluð með því að bæta á þau eimuðu vatni, spinna þau niður í skilvindu og taka vökvann ofan af botnfallinu. Skolunin var endurtekin þar til pH-gildi sýnanna var orðið hærra en 5. Rúmmál sýna var þá stillt af með eimuðu vatni. Þá var hlutsýni, 400 µl, tekið úr hverju sýni og sett á kringlótt 15 mm þekjugler og látið þorna við stofuhita yfir nótt. Í flestum tilfellum þurfti að þynna sýnið vegna of mikils þéttleika þörunga á þekjugleri. Þekjuglerin voru að lokum steipt á smásjárgler með Naphrax steypiefni, en það er sérstaklega ætlað til greiningar á kísilþörungum. Úr þessum smásjársýnum voru kísilþörungar svo taldir og greindir til tegunda eða tegundahópa. Kísilþörungar voru greindir við 1000 falda stækkun í Leica DM4000B fasasmásjá. Handahófsdreifð hnit yfir þekjuglerin sem greint var úr voru valin með Excel. Fyrst var greint og þar með talið úr sýnum af einum steini frá hvorri sýnatökustöð, á stöð 530, ofan skolprásar, og á stöð 540, neðan hennar. Greindar voru um 400 kísilþörungaskeljar (sem samsvara 200 frumum) úr hvorum hluta hvers sýnis, þ.e. annars vegar úr því sem kom beint „af steini“ og hins vegar úr því sem kom „af mosa“ sama steins. Eftir það var látið nægja að greina og telja um 200 skeljar úr hvorum sýnishluta („af steini“ og „af mosa“) af öðrum og þriðja steini frá hvorri stöð. Við greiningar á kísilþörungum til tegunda var einkum stuðst við kísilþörungagreiningabækur eftir Krammer og Lange-Bertalot (1997a, 1997b, 2004a og 2004b), Hofmann, Werum og Lange-Bertalot (2013) og Lange-Bertalot (2001). Tegundir sem komu eingöngu fyrir í stökum eintökum voru taldar sem ógreindar tegundir ef tegundagreining lá ekki auðveldlega fyrir. Á öllum stigum ferilsins, var fylgst með magnupplýsingum og þær skráðar jafnóðum, eins og stærð sýnis/hlutsýnis eða hlutföll þynningar til að geta uppreiknað fjölda þörunga á fersentimetra steins (þéttleika). Einnig var allt flatarmál smásjársýnis sem talið var úr í smásjá skráð í sama tilgangi.

3.3 Botnlægir hryggleysingjar

Sýnum af botnlægum hryggleysingjum var safnað af steinum á skilgreindum botnfleti Ölfusár líkt og gert var við sýnatökur á þörungum og lýst er í kaflanum hér á undan. Alls voru tekin tíu steinar (sýni) á hvorum stað þ.e. á stöð 530, ofan skolprásar, og á stöð 540 neðan við skolprás. Sýnum þessum var ætlað að svara spurningum er varða fjölbreytni, þéttleika og lífmassa hryggleysingja í Ölfusá. Skaftháfi var haldið neðan við hvern stein þegar hann var fjarlægður af botni þannig að allt sem kynni að falla af honum myndi varðveitast. Hverjum steini var síðan komið fyrir í fötu sem ásamt því sem fallið hafði í háfinn og fatan fyllt að 1/3 með síuðu árvatni. Þar var hver steinn burstaður vandlega með uppþvottabursta með mjúkum hárum. Allt sem af hverjum steini kom var sigtað í gegnum sigti með 63 μ m gatastærð. Þess var gætt að bæði steinninn, fatan og það sem festist í sigtinu væri skolað í burtu með síuðu árvatni og komið fyrir í plastdöllu þar sem hvert sýni var varðveitt uns að frekari skoðun kæmi í 70% etanóli. Ofanvarp (útlínur steinsins eins og hann lá á botni) hvers steins var dregið á smjörpappír og var síðar notað til að umreikna mætti fjölda hryggleysingja á flatareiningu.

Úrvinnsla botndýrasýna fór fram á rannsóknarstofu Hafrannsóknarstofnunar og var úrvinnslunni skipt niður í grófflokkun smádýra og tegundagreiningu rykmýslirfa. Unnið var úr sex af tíu sýnum frá hvorri sýnatökustöð. Grófflokkunin var gerð undir víðsjá við 50–100 falda stækkun. Við grófflokkun smádýra voru allar lífverur flokkaðar í viðeigandi hópa (ættkvísir, tegundir o.s.frv.) og fjöldi einstaklinga innan hópa talinn. Ánar voru ekki taldir vegna hve illa þeir höfðu varðveist í etanólinu. Því var lagt mat á fjölda þeirra, þar sem heildarfjöldi framenda voru metnir í tugum (≥ 10), hundruðum (≥ 100) eða fleiri (≥ 1000). Þar sem rykmý er oftast nær ríkjandi botndýr í ám á Íslandi er mikilvægt að sundurgreina það til tegunda, ættkvísla eða hópa. Tilviljunarkennt úrtak af rykmýslirfum var tekið úr hverju sýni til greininga. Miðað var við að taka að minnsta kosti 30 rykmýslirfur úr hverju sýni. Lirfurnar voru steypar inn með Hoyer's steypuefni á smásjágler og þekjugler (10 mm í þvermál) sett yfir hverja lirfu. Áhersla var lögð á að kviðlæg hlið lirfuhausanna sneri upp áður en þekjugleri var komið fyrir til þess að auðvelda tegundagreiningu. Notast var við Leica DM4000B fasasmásjá (200–1000x stækkun) til þess að greina lirfurnar til tegunda eða ættkvísla. Unnið var úr 6 sýnum af hvorri stöð. Við tegundagreiningu rykmýslirfa var notast við eftirfarandi heimildir: Cranston (1982), Wiederholm (1983) og Schmid (1993).

Fjölbreytileiki rykmýslirfa í Ölfusá var skoðaður samkvæmt Shannon fjölbreytileikastuðlinum. Aðrir hópar hryggleysingja voru ekki tegundagreindir og því ekki mögulegt að skoða þeirra.

3.4 Fiskur

Við mælingu á þéttleika og tegundasamsetningu laxfiskaseiða var notuð rafveiði þar sem farin var ein yfirferð yfir ákveðið flatarmál botns. Í árlegri vöktun á seiðapþéttleika, sem staðið hefur frá 1985, voru nokkurn veginn sömu svæði (rafveiðistöðvar) veidd með sama hætti á svipuðum tíma árs og oftast af sömu mönnum á hverju ári. Stöðvarnar eru fyrir landi Hellis og Fossnes (tvær stöðvar; 510 og 520), við bæinn Selfoss I (stöð 530) og við Sandvík (stöð 540). Meginmarkmið rannsókna á seiðum hefur frá upphafi verið að meta vísitölu fyrir þéttleika seiðaárganga í Ölfusá og breytileika hennar milli ára. Seiðavöktun hefur farið fram í ágúst til október ár hvert. Vísitala á þéttleika seiða var fengin með því að reikna fjölda veiddra seiða sem fengust með rafveiði í einni yfirferð miðað við 100 m² botnflatar. Þessi aðferð gefur ekki heildarþéttleika þar sem aðeins hluti seiðanna veiðist með einni yfirferð. Aðferð þessi gefur hlutfallslegan samanburð á milli ára og því má líta á þessar tölur sem vísitölur fyrir þéttleika sem hér eftir er nefndur seiðapþéttleiki til hægðarauka. Seiðamælingarnar endurspeгла vel mat á þéttleika eins árs laxaseiða (1⁺) og eldri en gefa lakara mat á þéttleika yngri seiða (0⁺) (Friðþjófur Árnason o.fl. 2005). Allir fiskar sem veiddust voru greindir til tegunda, lengd þeirra mæld í sporðsýlingu (cm) og hluti þeirra vigtaður (g). Kvarnir og hreistur voru tekin til aldursákvörðunar og seiðin krufin á staðnum. Til samanburðar á holdarfari seiða var reiknaður holdastuðull; $K = \text{þyngd} / \text{lengd}^3 * 100$, þar sem þyngd er í g og lengd í cm. Hér er stuðst við eldri seiðagögn og athugaður breytileiki í þéttleika og tegundasamsetningu seiða á stöðvum 530 og 540, ofan og neðan við skolprásina við Geitanes (1. mynd). Einnig voru fæðugögn (magainnihald seiða) rýnd til að sjá hvort samsetning fæðunnar væri ólík ofan og neðan skolprásar. Flest ár var magainnihald greint á athugunarstað til fæðugerða og einstakra tegunda fæðudýra. Við vinnslu eldri fæðugagna var fundin hlutfallsleg (%) tíðni fæðugerðar sem aðalfæða en aðalfæða var skilgreind sú fæða sem var í mestu magni (rúmmáli) í maga viðkomandi seiðis. Metin var magafylli og gefin gildi þar sem 0 er tómur magi og 5 er úttroðinn magi.

Þann 12. október 2017 fóru fram seiðarannsóknir á fyrrgreindum stöðvum þ.e. á stöð 530 ofan skolprásar og á stöð 540 neðan hennar (Sandvík). Þær fóru fram með svipuðum hætti og fyrr er lýst en viðameiri athugun var þá gerð á fæðu laxfiskaseiða. Seiði voru fryst og magainnihald greint á rannsóknarstofu og metin rúmmálshlutdeild hvernar fæðugerðar. Vefjasýni voru tekin af 12 seiðum í heildina til greiningar á kvenhormónum, sex af seiðum frá stöð 530 og sex seiðum frá stöð 540. Þetta var gert til þess að meta hvort affallsvatn úr skolprásinni við Geitanes hefði áhrif á styrk hormóna í seiðunum, og þar með hugsanleg áhrif á lífsafkomu seiðanna. Sýnin voru send til NILU í Noregi þar sem þau voru greind á gas massagreini (GC-MS).

Veiðigögn yfir laxveiði á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár annarsvegar og hinsvegar úr Ölfusá voru greind. Til eru aðgengileg gögn allt frá miðri síðustu öld. Unnið var með gögn úr neta- og stangveiði og breytileiki greindur í fjölda veiddra fiska milli ára. Sérstaklega var athugað hvort greina megi mun á þróun laxveiða í Ölfusá ofan og neðan við byggð á Selfossi.

4. Niðurstöður

4.1 Almenn áhrif af skolplosun við Geitanes

Áhrif af skolprásinni við Geitanes er merkjanleg frá því að skolpið berst í Ölfusá og allavega niður að sýnatökustað 540, sem er um 500 m neðan við skolprásina. Hversu langt niður fyrir stöð 540 áhrifin ná, er ekki vitað. Set og útfellingar eru áberandi á botni árinna og er grá þekja á botninum frá skolprásinni allavega niður á stöð 540. Fita og froða var sjáanleg við skolprásina ásamt föstu efni (saur, rusl og klósettpappír). Lyktarmengun var á stöð 530, við skolprás og á stöð 540. Ekki varð vart við lyktarmengun á Ölfusárbrú þegar sýnunum var safnað. Sjónmengun var sjáanleg við skolprásina þar sem ljós litur skolpsins sýndi hvar það streymdi út í ána.

4.2 Efnastyrkur í vatni og hormón í seiðum

Niðurstöður mælinga á uppleystum efnum í vatnssýnum úr Ölfusá og úr skolprás við Geitanes eru sýndar í töflu 1 og frumgögnin eru í viðauka. Rennsli sem er birt í töflunni er óyfirarið rennsli Ölfusár við Selfoss (Veðurstofa Íslands, 2018).

Samanburður efnasýna sem safnað var úr Ölfusá af Ölfusárbrú og af bakka á stöð 530, ofan skolprásar, þann 7. nóvember 2017 (tafla 1), og sýnaseríu sem til er úr Ölfusá af Ölfusárbrú (1996 til 2015, n=113) (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018) gefur til kynna að sýnin sem safnað var ofan við ræsið séu samanburðarhæf við sýnaseríuna frá 1996–2015. Styrkur næringarefna í Ölfusá af Ölfusárbrú frá 1996–2015 ásamt styrk þeirra í sýnum sem safnað var úr Ölfusá þann 7. nóvember 2017 er sýndur á 2. mynd.

Styrkur efna í sýnum sem safnað var úr Ölfusá af Ölfusárbrú og á stöð 530, ofan við skolprásina við Geitanes er sambærilegur, en styrkur flestra efna var hærri í sýni sem safnað var á stöð 540, neðan skolprásar, sérstaklega styrkur næringarefna (tafla 1). Hlutfallslega var hækkun fosfórs mest á milli stöðva, en styrkur þess var 16 sinnum hærri á stöð 540 neðan skolprásar en ofan hennar.

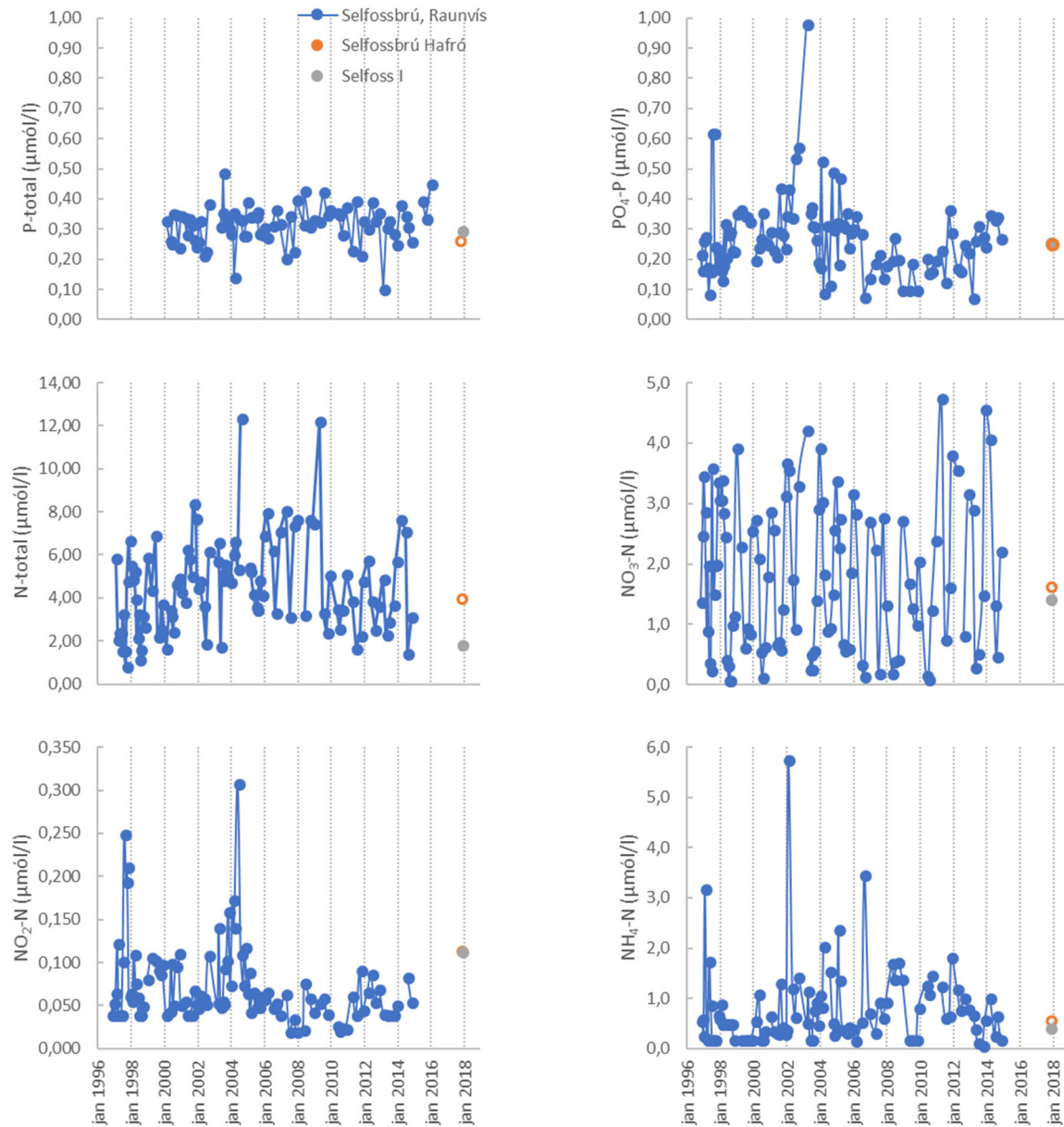
Heildarstyrkur lífræns kolefnis (TOC) er notað til að meta mengunarálag í ferskvatni (Umhverfisstofnun 2004). Í raun endurspeglar sýnin sem safnað var í rannsókninni einungis það lífræna kolefni sem var í svifi í ánni en náði ekki að fanga allt það lífræna kolefni sem barst niður eftir ánni í stærri ögnum (t.d. saur og klósettpappír). Styrkur TOC í svifi í sýnum af Ölfusárbrú og stöð 530 (sýni I og II), ofan við skolprás, var undir greiningarmörkum (<0,5 mg/l) en mældist 0,69 mg/l á stöð 540 neðan skolprásar (sýni III) og 96 mg/l í vatni úr skolprásinni sjálfri (sýni IV) (tafla 1). Samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns (Umhverfisstofnun 2004) voru sýni I – III í flokki I (næringarefnafátækt) en sýni IV féll í flokk V (ofauðugt).

Tafla 1. Niðurstöður mælinga á uppleystum efnum, heildarstyrk lífræns kolefnis og hormónum í vatni í sýnum úr Ölfusá 7. nóvember 2017. Hormónaflaska frá stöð 530 brotnaði og því var nýtt hormónasýni tekið þar í desember 2017.

Table 1. Concentration of dissolved constituents, total organic carbon and hormones in water samples collected in Ölfusá 7 November 2017. Extra sample for hormones in water was collected in December since the November sample bottle from site 530 broke.

Sýni		I	II	III	IV	
Sýnanúmer		20171107-10:30	20171107-11:45	20171107-12:45	20171107-13:45	20171204-12:30
Vatnsfall		Ölfusá	Ölfusá	Ölfusá	Skolprás	Ölfusá
Staðsetning		Ölfusárbrú	ofan skolprásar	neðan skolprásar	Geitanesi	ofan skolprásar
Rafveiðistöð			530	540		530
Hnit dd.dddd°		63,93866°N 21,00450°V	63,93846°N 21,01504°V	63,97114°N 21,07861°V	63,93471°N 21,12841°V	63,93846°N 21,01504°V
Dagsetning		7.11.2017	7.11.2017	7.11.2017	7.11.2017	4.12.2018
Tímasetning		10:30	11:45	12:45	13:45	13:00
Rennsli*	m ³ /s	295	297	296	296	297
vatnshiti	°C	2,1	1,7	2,0	12,0	0,9
pH		7,46	7,45	7,56	7,01	
Leiðni	µS/cm	77,7	74,5	85,3	427	
SiO₂	µmól/l	263	247	258	630	
Na	µmól/l	419	412	483	2932	
K	µmól/l	16,2	16,5	25,6	358	
Ca	µmól/l	123	120	131	469	
Mg	µmól/l	76	72	77	186	
Alkalinity	meq/l	0,543	0,531	0,552	1,15	
SO₄	µmól/l	26,3	24,9	31,4	259,4	
Cl	µmól/l	157	157	214	2108	
F	µmól/l	3,76	3,71	3,81	8,76	
TOC	mg/l	<0,50	<0,50	0,69	96	
P-total*	µmól/l	0,333	0,296	4,91	180	
PO₄	µmól/l	0,258	0,258	4,20	136	
NO₃	µmól/l	1,64	1,43	2,14	25,70	
NO₂	µmól/l	0,11	0,11	0,21	5,93	
NH₄	µmól/l	0,57	0,43	4,43	129	
N-total	µmól/l	4,00	1,86	14,28	414	
P-total	µmól/l	0,452	0,387	5,17	155	
Al	µmól/l	0,545	0,256	0,183	0,915	
Fe	µmól/l	1,99	0,62	0,48	19,52	
B	µmól/l	<0,9	<0,9	<0,9	5,43	
Mn	µmól/l	0,264	0,189	0,251	0,992	
Sr	µmól/l	0,082	0,075	0,087	0,474	
As	nmól/l	0,777	0,770	0,921	11,0	
Ba	nmól/l	0,947	0,707	1,049	8,88	
Cd	nmól/l	0,479	0,277	0,201	0,916	
Co	nmól/l	0,925	0,645	0,874	7,26	
Cr	nmól/l	11,0	11,1	9,10	8,31	
Cu	nmól/l	4,23	3,38	2,90	13,6	
Ni	nmól/l	3,03	1,49	2,20	16,2	
Pb	nmól/l	0,09	0,07	0,08	0,31	
Zn	nmól/l	10,22	4,19	10,34	473	
Hg	nmól/l	<0,01	<0,01	<0,01	0,11	
Mo	nmól/l	2,76	2,61	3,37	24,4	
Ti	nmól/l	23,4	3,008	1,725	17,1	
V	µmól/l	0,271	0,287	0,271	0,131	
etínylestradiol (17alfa-)	ng/l			<0,05	0,09	<0,05
Estradiol (17beta-)	ng/l			0,036	2,5	0,04

TOC = total organic carbon, heildarstyrkur lífræns kolefnis
P-total* = heildarstyrkur á uppleystum fosfór mælt með ICP-OES
Rennsli* óstaðfest, fengið af vefsíðu Veðurstofunnar vedur.is



2. mynd. Styrkur uppleystra næringarefna í sýnum úr Ölfusá sem safnað var af Ölfusárbrú frá 1996 til 2015 (blátt) og styrkur næringarefna í sýnum sem safnað var í núverandi rannsókn af Ölfusárbrú (appelsínugult) og á stöð 530, ofan við skolprás, (grátt) í nóvember 2017.

Figure 2. The concentration of dissolved nutrients in river water samples collected from Ölfusá at Ölfusá-bridge since 1996 to 2015 (blue) and the concentration of the same constituents in samples collected from Ölfusá in November 2017 at the bridge crossing Ölfusá at Selfoss (orange) at station 530, above the waste water outlet (grey).

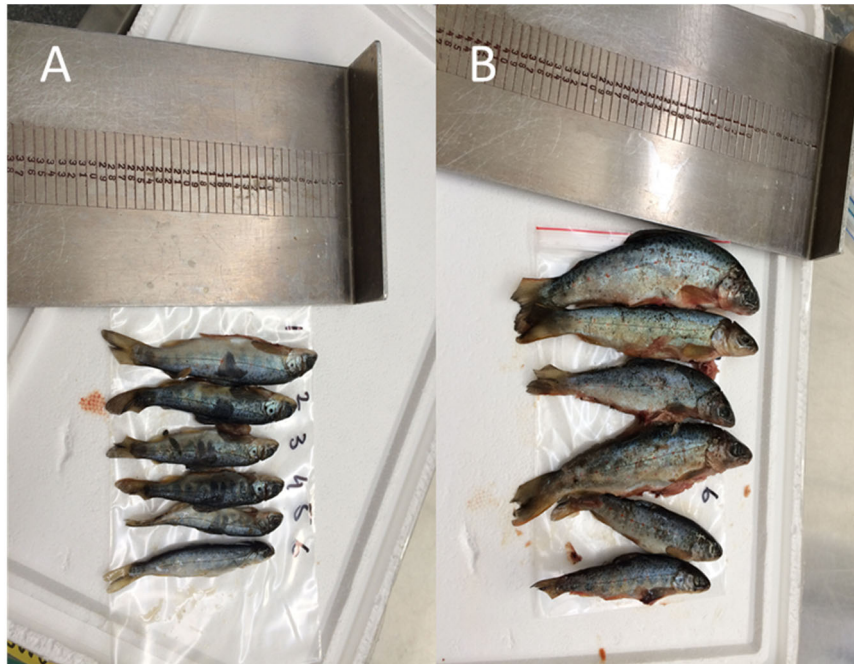
Styrkur kvenhormóna, ethylenestradiol 17 α og estradiol 17 β , var mældur í ósíuðum vatnssýnum sem safnað var við stöð 530, ofan skolprásar, í skolprás við Geitanes og við stöð 540 neðan skolprásar (tafla 1). Styrkur etinylestradiol 17 α var undir greiningarmörkum í Ölfusá ofan og neðan ræsisins en mældist í lágum styrk í ræsinu sjálfu. Styrkur estradiol 17 β mældist hins vegar í öllum sýnunum sem tekin voru. Styrkurinn var 0,036 og 0,040 ng/l í Ölfusá á stöðvum 530 og 540, og 2,5 ng/l í skolprás. Til samanburðar mældist styrkur estradiol 17 β í dælustöð við Klettagarða <208 ng/l og í skolprás við Landspítalann í Fossvogi 473 ng/l (Huber o.fl. 2013). Í sömu rannsókn kom fram að estradiol 17 β er í mun lægri styrk í dreifðum uppsprettum (í vatnshreinsistöðvum) í Danmörku, Noregi og Svíþjóð.

Styrkur kvenhormóna var einnig mældur í holdi tólf seiða sem voru veidd í rannsóknarskyni 2017 (3. mynd, tafla 2). Eins og fram kemur í töflu 2 mældist ekkert sýni ofan við greiningarmörkin sem þar koma fram. Þar sem styrkurinn var mjög lágur voru sýnin mæld aftur með næmari aðferð, ásamt því að nota tvenns konar skolefni (eluent), en þrátt fyrir það var styrkurinn undir greiningarmörkum.

Tafla 2. Niðurstöður mælinga á hormónum í laxaseiðum sem veidd voru á rafveiðistöðvum í Ölfusá á stöð 530 og stöð 540 haustið 2017.

Table 2. Results from hormone measurements in muscle tissue in salmon fry that were caught at sampling sites in Ölfusá at site 530 and at site 540 in autumn 2017.

Seiði nr/sample no		Ölfusá við Selfoss						Ölfusá við Sandvík					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Stærð seiða/size	cm	24	22	18	18	17	18	31	28	24	28	21	21
E1, Estrone	ng/g net wt	<0,026	<0,017	<0,105	<0,064	<0,022	<0,045	<0,058	<0,039	<0,077	<0,032	<0,355	<0,03
E2, Estradiol	ng/g net wt	<0,025	<0,014	<0,072	<0,035	<0,028	<0,032	<0,017	<0,042	<0,055	<0,017	<0,055	<0,015
EE2, Ethynylestradiol	ng/g net wt	<0,019	<0,023	<0,026	<0,035	<0,03	<0,023	<0,03	<0,03	<0,026	<0,025	<0,034	<0,013



3. mynd a-b. Laxaseiði sem send voru til greiningar á hormónum í fiskholdi. Seiði á mynd A eru úr Ölfusá á stöð 530 en á mynd B eru seiði frá stöð 540.

Figure 3 a-b. Salmon fry that were analysed for hormones in fish muscles. Figure A shows individuals from R. Ölfusá at site 530 and figure B shows individuals from R. Ölfusá at site 540.

4.3 Botnlægir þörungar, bláбакteríur, mosi og set á steinum

4.3.1 Set, mosar, blaðgræna og lífrænt efni

Blaðgræna verður til í grænuhornum ljóstillífvandi lífvera og endurspeglar lífmassa þörungar. Að meðaltali mældist meira magn blaðgrænu á steinum úr Ölfusá á stöð 530 ($6,3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), ofan skolprásar við Geitanes, en neðan við hana á stöð 540 ($2,0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), og var munurinn marktækur (tafla 3). Í seti sem skolað hafði verið af mosa af sömu steinum mældist magn blaðgrænu hins vegar vera líkt á milli sýna frá sýnatökustöðvunum tveimur (tafla 3).

Tafla 3. Niðurstöður mælinga á magni blaðgrænu *a*, lífræns efnis í seti (öskulaus þurrviggt) og öskulausrar þurrviggtar mosa af steinum úr Ölfusa á stöðvum 530 og 540 haustið 2017. Meðaltöl, staðalfrávik og niðurstöður samanburðar með einhliða t-prófi á milli sýnatökustöðva eru sýnd.

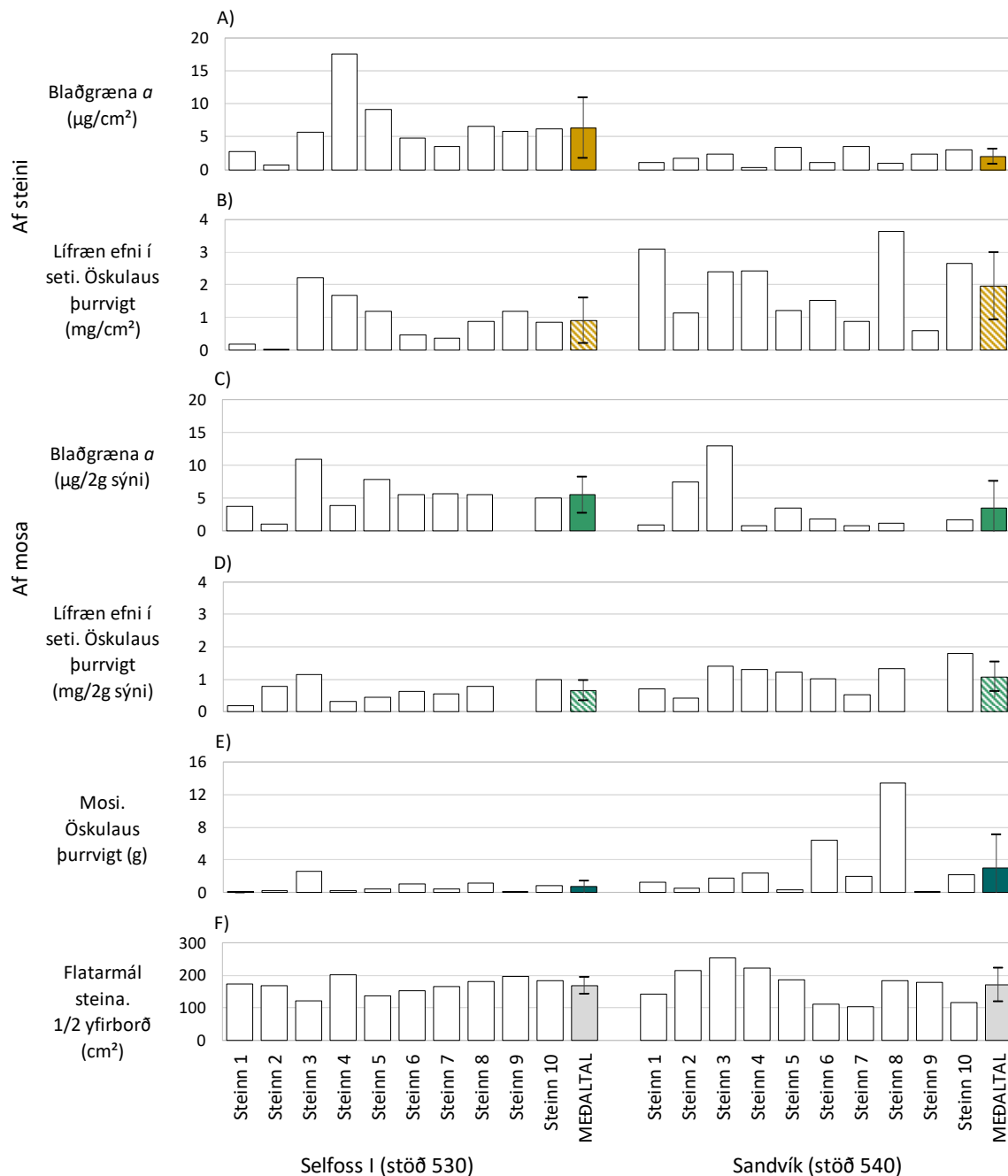
Table 3. Results from measurements of concentration of chlorophyll *a*, organic matter (ash-free dry weight) in sediment at rocks and mosses and ash-free dry weight of mosses from rock surfaces at sampling sites 530 and 540 in Ölfusá autumn 2017. Mean, standard deviation and results from one tailed t-test between sampling sites are shown.

Lífrænir þættir á steinum	Sýni tekið:	eining	Selfoss I (stöð 530)		Sandvík (stöð 540)		Samanburður á milli sýnatökustöðva með einhliða t-prófi
			Meðaltal	Staðalfrávik	Meðaltal	Staðalfrávik	
Blaðgræna <i>a</i> í seti	af steini	$\mu\text{g}/\text{cm}^2$	6,3	4,6	2,0	1,1	$t(18)=2,872, p=0,0051^{**}$
	af mosa	$\mu\text{g}/2\text{g}$ sýni	5,5	2,8	3,4	4,1	$t(16)=1,234, p=0,1175$ óm
Lífrænt í seti - öskulaus þurrviggt	af steini	mg/cm^2	0,9	0,7	2,0	1,0	$t(18)=2,674, p=0,0077^{**}$
	af mosa	$\text{mg}/2\text{g}$ sýni	0,7	0,3	1,1	0,4	$t(16)=2,359, p=0,0157^{*}$
Hlutfall lífrænna efna í seti	af steini	%	18,0	19,5	12,3	8,3	$t(18)=0,854, p=0,2021$ óm
	af mosa	%	13,6	11,5	11,9	4,8	$t(16)=0,394, p=0,3494$ óm
Mosi, öskulaus þurrviggt	af steini	g	0,7	0,8	3,0	4,1	$t(18)=1,775, p=0,0464^{*}$
hlutfall lífrænna efna í mosa		%	54,7	9,0	44,5	14,6	$t(18)=1,883, p=0,0379^{*}$

* $P < 0,05$, ** $P < 0,01$, *** $P < 0,001$, óm = ómarktækt

Jákvæð fylgni var á milli magns blaðgrænu á steinum á hverjum cm^2 steins og magns blaðgrænu í 2 grömmum af sömu sýnum (Pearson $r = 0,69$ í sýnum frá stöð 530, $r = 0,91$ í sýnum frá stöð 540). Hliðstæðar niðurstöður fengust þegar magn lífræns efnis var borið saman, þ.e. á 1 cm^2 eða í 2 g af sýni ($r = 0,93$ í sýnum frá stöð 530 og $r = 0,72$ í sýnum frá stöð 540). Magn blaðgrænu af mosa og magn lífræns efnis í seti af mosa voru þar af leiðandi stöðluð við 2 g af sýni í stað cm^2 , því að mælikvarða vantaði á flatarmál mosans sem setið kom af. Fjöldi kísilþörunga á yfirborði mosa var einnig staðlaður við 2 g af sýni þar sem mikil fylgni var á milli fjölda kísilþörungafurma hvort sem miðað var við yfirborðsflatarmál eða þunga sýnis ($r = 0,98$).

Magn lífræns efnis í seti sem skolað var af steinum var að meðaltali $0,9 \text{ mg/cm}^2$ á steinum frá stöð 530, ofan skolprásar, en $2,0 \text{ mg/cm}^2$ á steinum frá stöð 540, neðan hennar. Eins var magn lífræns efnis í seti sem skolað var af mosa að meðaltali heldur minna í sýnum frá stöð 530 en frá stöð 540 (tafla 3). Magn lífrænna efna var marktækt meira á steinum neðan skolprásar, stöð 540, en ofan hennar, stöð 530, bæði í seti sem skolað var af steinum og því sem skolað var úr mosa á steinum (tafla 3).



4. mynd a-f. Niðurstöður mælinga á: (A) magni bláðgrænu *a* í seti af steinum, (B) magni lífræns efnis í seti sem skolað var af steinum, (C) magni bláðgrænu *a* í seti sem skolað var af mosa, (D) lífrænu efni í seti sem skolað var af mosa, (E) öskulausri þurrvigt mosa sem hreinsaður var af steinum og (F) hálfu flatarmáli steina úr Ölfusá á stöðvum 530 og 540 haustið 2017. Niðurstöður eru sýndar fyrir hvern stein fyrir sig (hvítar súlur), meðaltöl 10 steina eru sýndar með lituðum súlum og staðalfrávik er merkt inná sem lóðrétt strik.

Figure 4 a-f. Results from measurements of concentration of: (A) chlorophyll *a* in sediment rinsed from rock surfaces, (B) ash-free dry weight of sediment rinsed from rock surfaces, (C) concentration of chlorophyll *a* in sediment rinsed from moss from rocks, (D) ash-free dry weight of sediment rinsed from mosses, (E) ash-free dry weight of mosses on rocks and (F) half of the surface area of rocks from the sampling sites in River Ölfusá at sites 530 and 540 in autumn 2017. Results are shown for each rock separately (empty columns), the average of 10 stones as filled columns and the standard deviations are drawn in as a vertical bar.

Hlutfall lífræns efnis af heildarþurrvigt setsins var 12–18% að meðaltali og var líkt á milli stöðva bæði því sem skolað var af steinum og af mosa (tafla 3). Öskulaus þurrvigt mosa sem kom af steinum frá stöð 530 var að meðaltali 0,7 g en 3,0 g á steinum frá stöð 540. Munurinn þar á milli var marktækur samkvæmt einhliða t-prófi (tafla 3). Meðalhlutfall lífræns efnis í mosa frá stöð 530 var 54,7% sem var marktækt hærra en á stöð 540 (44,5%) (tafla 3).

Með því að skoða gögnin nánar og rýna í niðurstöður fyrir hvern stein sést að steinastærð var lík á milli sýnatökustöðva og sýna. Flatarmál steina virtist ekki hafa áhrif á hve mikill mosi var á þeim, né heldur hve mikið lífrænt set var á þeim (4. mynd). Mismikill mosi var á steinum, voru tveir steinar af stöð 540 með mun meira af mosa en var á steinum af stöð 530 sem hækkuðu meðaltalið verulega (4. mynd E). Þó að meðaltöl (tafla 3) hafi gefið til kynna að meira magn blaðgrænu hafi mælst þar sem minna var af seti var það ekki svo á öllum steinum. Breytilegt var á milli steina hvernig hlutföll skiptust á milli þyngdar lífrænna efna í seti og magns blaðgrænu á hverjum steini fyrir sig. Sama má segja um samspil þessarra þátta við magn mosa á steinum (4. mynd A–E).

4.3.2 Þörungar og blábakteríur

Grófflokkun þörungar og blábaktería fól í sér greiningu í ættkvíslir úr sýni af einum steini frá hvorri stöð. Heildarfjöldi ættkvísla kísilþörungar, grænþörungar og blábaktería sem fundust í Ölfusá var 22. Af þeim voru 21 ættkvíslir í sýninu frá stöð 530 (ofan skolprásar) og 8 ættkvíslir í sýninu frá stöð 540 (tafla 4). Á stöð 530 voru tveir hópa blábaktería, ættkvíslin *Tolypothrix* og einstaklingar sem tilheyra ættbálki Nostocales, fjórar ættkvíslir grænþörungar fundust af fjórum ættkvíslum (*Microspora*, *Spyrogira*, *Stigeoclonium* og *Tribonema*) og 15 ættkvíslir kísilþörungar (tafla 4). Í sýninu frá stöð 540 fannst ein ættkvísl sem tilheyrði blábakteríum sem var *Leptolyngbya* (*Phormidium* skv. Whitton et. al 2011), 7 ættkvíslir kísilþörungar og engir grænþörungar. Við sýnatöku mátti sjá hvernig *Leptolyngbya* myndaði þar þétta gráleita breiðu sem einkenndi botninn. Ættkvíslin var jafnframt sú eina sem fannst aðeins á stöð 540 en ekki á stöð 530 (tafla 4).

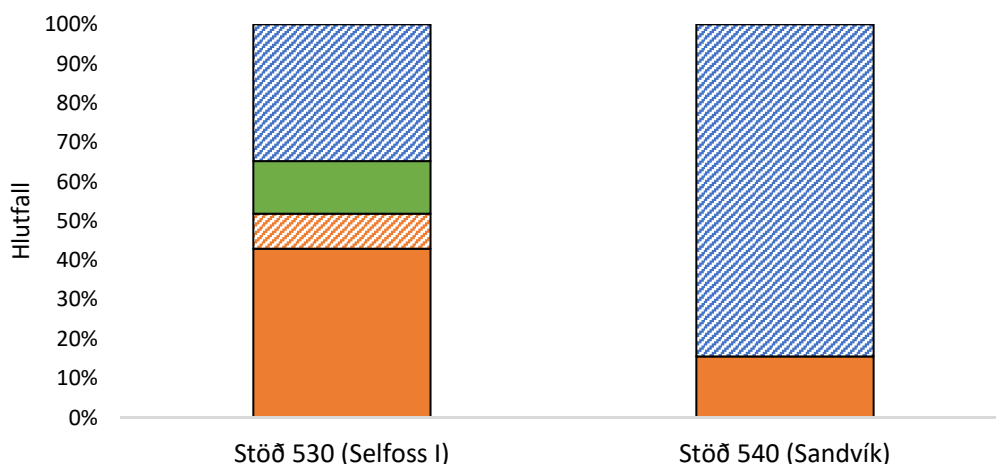
Kísilþörungar voru algengasti hópurinn á stöð 530, en þeir voru um 40% af heildarfjölda þörungar (5. mynd). Hlutfall köfnunarefnisbindandi kísilþörungar (ættkvíslin *Epithemia*) var um 10% af heildarfjöldanum. Grænþörungar voru 15% af heildarfjölda og 35% tilheyrðu blábakteríum sem allar voru af köfnunarefnisbindandi ættkvíslum (5. mynd). Í sýninu sem skoðað var frá stöð 540 voru köfnunarefnisbindandi blábakteríur af ættkvíslinni *Leptolyngbya* áberandi eða tæplega 90% af heildarfjölda þörungar í sýninu. Rúmlega 10% af heildarfjölda þörungar og blábaktería tilheyrðu kísilþörungum. Hvorki grænþörungar né köfnunarefnisbindandi kísilþörungar sáust í sýninu frá stöð 540.

Tafla 4. Hópar (ættkvíslir) kísilþörunga, grænþörunga og blábaktería á stökum steinum frá tveimur sýnatökustöðum í Ölfusá, ofan skolprásar (stöð 530) og neðan skolprásar (stöð 540) haustið 2017. X táknar að ættkvísl hafi sést í sýninu og þankastrik (-) að ættkvísl hafi ekki sést.

Table 4. Genera of diatoms, green algae and cyanobacteria that occurred in a sample from two sampling sites in Ölfusá, at the site 530 and 540 in autumn 2017. „X“ represents observed genera and hyphens (-) represents those genera not present in the samples.

	Stöð 530 (Steinn 3)	Stöð 540 (Steinn 1)
Kísilþörungar		
<i>Aulacoseira</i>	X	X
<i>Caloneis</i>	X	-
<i>Cocconeis</i>	X	-
<i>Cymbella</i>	X	X
<i>Didymosphenia</i>	X	X
<i>Epithemia*</i>	X	-
<i>Fragilaria</i>	X	X
<i>Gomphonema</i>	X	-
<i>Gyrosigma</i>	X	-
<i>Melosira</i>	X	-
<i>Navicula</i>	X	X
<i>Nitzschia</i>	X	X
<i>Pinnularia</i>	X	X
<i>Rhoicosphenia</i>	X	-
<i>Tabellaria</i>	X	-
Grænþörungar		
<i>Microspora</i>	X	-
<i>Spirogyra</i>	X	-
<i>Stigeoclonium</i>	X	-
<i>Tribonema</i>	X	-
Blábakteríur		
<i>Tolypothrix*</i>	X	-
Nostocales*	X	-
<i>Leptolyngbya*</i>	-	X
Heildarfjöldi ættkvísla	21	8

* köfnunarefnisbindandi



5. mynd. Hlutföll mismunandi ættkvísla þörunga og blábaktería af heildarþéttleika, sem fundust í einu sýni frá hvorri sýnatökustöð, á stöðvum 530 og 540. Hlutfall kísilþörunga er táknað með appelsínugulum lit, hlutfall grænþörunga er táknað með grænum lit og hlutfall blábaktería með bláum lit, þar af er skástrikað hlutfall niturbindandi kísilþörunga og blábaktería.

Figure 5. Relative abundance of algae and cyanobacteria present in one sample from each of the two sampling sites in Ölfusá, sites 530 and 540 in autumn 2017. Filled columns represent genera of diatoms (orange), green algae (green) and cyanobacteria (blue). Hatched portion of each column represent nitrogen fixing diatoms or cyanobacteria.

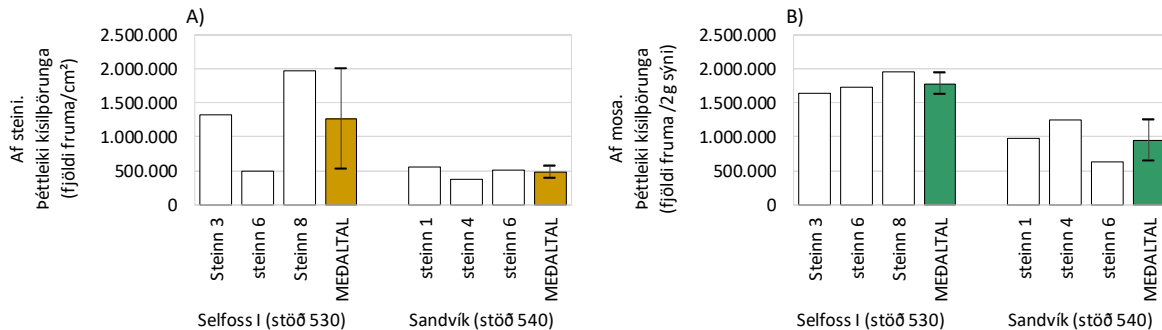
Ekki var unnt að reikna fjölbreytileikastuðul fyrir grænþörunga og blábakteríur þar sem greining neðan við skolprás var ekki magnbundin sökum yfirgnæfandi magns af *Leptolyngbya* þar. Hins vegar bendir yfirgnæfandi fjöldi *Leptolyngbya* og að enga grænþörunga var að finna á stöð 540 til þess að fjölbreytileiki þörunga og blábaktería hafi verið minni neðan við skolprásina en ofan við hana.

4.3.3 Kísilþörungar

Meðalþéttleiki kísilþörungafruma var 1.259.942 frumur/cm² í seti af þremur steinum frá stöð 530, ofan skolprásar, en var 482.607 frumur/cm² í seti af steinum frá stöð 540, neðan skolprásar (6. mynd A). Þrátt fyrir mikinn sjáanlegan mun var hann ekki tölfræðilega marktækur samkvæmt einhliða t-prófi ($t(4)=1,810$, $p=0,072$). Hafa ber í huga að einungis var unnið úr þremur sýnum frá hvorri stöð. Meðalþéttleiki kísilþörunga í seti af mosa af sömu steinum var marktækt meiri ($t(4)=4,175$, $p=0,007$) á stöð 530 (1.776.559 frumur/2 g sýni) en á stöð 540 (949.199 frumur/2 g sýni) (6. mynd B).

Í heildina var greint til 111 tegunda og tegundahópa kísilþörunga (tafla 5), þar af voru 86 tegundir eða tegundahópar á stöð 530 (75 af steinum og 61 af mosa) og 93 tegundir eða tegundahópar frá stöð 540 (72 af steinum og 69 af mosa). Algengt var að eingöngu sæist ein fruma af hverri tegund og margar þeirra lentu ekki í úrtökunum sem þessar greiningar náðu yfir. Aðeins um einn þriðji af tegundum eða tegundahópum sem greint var til náðu að meðaltali hærra hlutfalli en 0,8 % af þéttleika í sýni (merktar með lit í töflu 5). Fjölbreytileiki

var þar af leiðandi nokkuð mikill í sýnunum en lítill munur var á milli sýnatökustöðvanna tveggja. Shannon fjölbreytileikastuðull fyrir kísilþörunga á stöð 530 var 4,4 fyrir þann hluta sem kom af steinum og 4,0 af mosa, og á stöð 540 voru sambærileg gildi 4,4 og 4,5.



6. mynd a-b. Þéttleiki kísilþörunga í seti á steinum (A) og í seti úr mosa (B) af sömu steinum úr Ölfusa á stöð 530 og stöð 540 haustið 2017.

Figure 6 a-b. Diatom density in sediment (A) rinsed from stones and (B) from mosses of the same stones, from Ölfusa at the sampling sites 530 and 540 in autumn 2017.

Tegundasamsetning kísilþörunga á steinum var svipuð á milli sýnatökustöðva (tafla 5). Algengustu tegundir kísilþörunga voru þær sömu á báðum stöðvum, þ.e. nokkrar tegundir sem flokkuðust í tvo tegundahópa sem tilheyrðu áður *Fragilaria* ættkvíslinni. Algengasti tegundahópurinn var *Fragilaria* hópur (t.d. *F. construence* f. *venter*, *F. brevistriata* og *F. pseudoconstruens*), sem var að meðaltali 28–35% af fjölda kísilþörunga í sýnum. Ekki var sjáanlegur munur á milli sýnatökustöðva (tafla 5). Næstalgengasti tegundahópurinn var *Staurosira pinnata* (og líkar tegundir), hann var örlítið algengari á steinum frá stöð 530 (16–17%) en stöð 540 (um 12%). Helsta tegundin sem einkenndi stöð 530 var *Cocconeis placentula*, hún náði 4–5% hlutfalli að meðaltali í sýnum frá stöð 530 en hlutfall hennar var lægra en 1% í sýnum frá stöð 540. *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* var önnur tegund sem var heldur algengari á stöð 530 (2,0–3,8%) en stöð 540 (0,9–1,2%) (tafla 5). Í heildina voru tegundir af fyrrum *Navicula* ættkvíslum aðeins algengari í sýnum frá stöð 540 en stöð 530, en voru þó oftast í lágu hlutfalli (lægra en 3%) (tafla 5). Að öðru leyti var lítill munur á milli stöðva í samanlögðu hlutfalli mismunandi ættkvísla. Tegundahópurinn *Navicula cryptocephala* (og líkar tegundir) einkenndi sýni úr seti af mosa frá stöð 540 (9,1%). Önnur tegund sem fannst helst á steinum frá stöð 540 var *Adlafia langebertalotii*, þar var hæsta hlutfall hennar í seti af steinum (5,0%) og tegundin *Gomphonema* cf. *rhombicum* fannst næstum eingöngu í seti af steinum frá stöð 540 (2,2%). Þessar tegundir kísilþörunga sem einkenndu stöð 540 voru líka þær helstu sem voru í ólíku hlutfalli innan steina eftir því hort þær voru af mosa eða af steini (tafla 5). Tegundir af ættkvíslunum *Epithemia* og *Rhopalodia* sem báðar eru köfnunarefnisbindandi. Hlutfall þeirra af heildarfjölda kísilþörunga var mjög lágt, tegundirnar voru þó um helmingi algengari á steinum frá stöð 530 en frá stöð 540.

Tafla 5. Hlutdeild (%) kísilþörungategunda og tegundahópa sem fundust á steinum úr Ölfusá, á stöðvum 530 og 540. Gildin eru meðaltöl þriggja sýna. Sýnin voru tvískipt; þ.e. þörungar af yfirborði steina og af yfirborði mosa af sömu steinum. Í töflunni hefur verið skilið á milli ættkvísla miðað við eldri flokkunarfræði, gömul heiti ættkvísla eru feitletruð í neðstu línu fyrir hverja fyrrum ættkvísl.

Table 5. Relative abundance (%) of diatom species and groups of species found on stones from Ölfusá, sampled at the sampling sites 530 and 540. The values are average of three samples. The samples were divided into two parts; from the surfaces of stones and of mosses growing on the same stones. The table has been separated between genera based on older classifications, the old names of the genera are bold in the bottom line for each former genera.

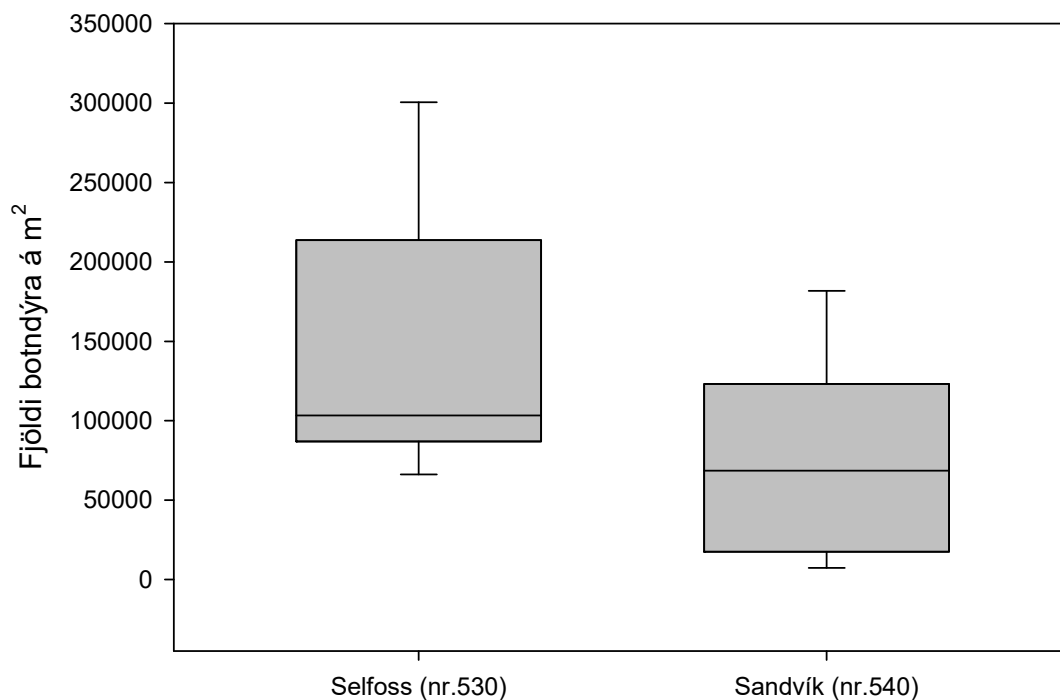
	Selfoss I (stöð 530)			Sandvík (stöð 540)				
	7.11.2017			7.11.2017				
Tegundir kísilþörungna eða tegundahópar	Hlutfall (%)			Hlutfall (%)			Lógaritmísk skipting tegunda	
	Í seti:	af steini	af mosa	Í seti:	af steini	af mosa	í litahópa eftir hlutfalli (%)	
<i>Amphora</i> cf. <i>copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald					0,1	0,1	0,01-0,79	
<i>Amphora</i> cf. <i>pediculus</i> (Kützing) Grunow	0,8		0,6		0,2	1,0		0,80-2,18
<i>Amphora</i> cf. <i>inariensis</i> Krammer					0,3	0,3		
<i>Encyonema reichardtii</i> (Krammer) Mann	0,6				1,6	0,6	2,19-4,66	
<i>Encyonema ventricosum</i> var. <i>ventricosum</i> (Agardh) Grunow	0,2				0,1	0,7		4,67-9,07
<i>Encyonema silesiacum</i> var. <i>silesiacum</i> (Bleisch) Mann	0,3	0,7			0,9	1,4		
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) Mann	0,5	1,4			1,6	0,6	9,08-16,90	
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	1,1		0,6			0,3		16,91-38,81
<i>Cymbella</i> ógreint			0,2			0,3		
<i>Achnanthes delicatula</i> hópur (Kützing) Grunow	0,2	0,2			0,6	0,3	38,82-55,51	
<i>Achnantheidium</i> cf. <i>subatomoides</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot & Ecto	0,3				0,1			
<i>Achnantheidium bioretii</i> (Germain) Edlund						0,4		
<i>Achnantheidium</i> cf. <i>daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, Monnier & Ecto	0,4	0,5			0,1		0,1	
<i>Achnantheidium</i> cf. <i>helveticum</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot & Ector					0,1			
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (mismunandi afbrigði)	0,7	0,5			1,2	0,3		
<i>Karayevia clevei</i> Round & Bukhtiyarova	1,0		0,4		0,7		0,1	
<i>Karayevia laterostrata</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	0,1							
<i>Karayevia suchlandtii</i> (Hustedt) Bukhtiyarova					0,1			
<i>Planothidium</i> cf. <i>biporum</i> (Hohn & Hellerman) Lange-Bertalot	0,2				0,4	0,6	0,1	
<i>Planothidium dubium</i> Round & Bukhtiyarova					1,0	0,7		
<i>Planothidium frequentissimum</i> Lange-Bertalot	1,3		0,3		1,0	0,7		
<i>Planothidium oestrupii</i> Round & Bukhtiyarova					0,6	0,3	0,1	
<i>Planothidium peragallii</i> Round & Bukhtiyarova					0,1	0,2		
<i>Psammothidium</i> cf. <i>marginulatum</i> Bukhtiyarova & Round	0,3	0,5			0,6	0,1		
<i>Psammothidium</i> cf. <i>levanderi</i> Bukhtiyarova & Round	0,3				0,5	0,6	0,1	
<i>Rossithidium</i> cf. <i>pusillum</i> Round & Bukhtiyarova	0,3							
<i>Achnanthes</i> ógreint	0,3	0,1			0,4	2,3		
<i>Asterionella</i> <i>formosa</i> Hassall	0,2				0,7	0,6	0,1	
<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer						0,4		
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen					0,1			
<i>Aulacoseira islandica</i> (O. Müller) Simonsen	0,9		0,2		1,6	2,0	0,1	
<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen	0,4							
<i>Aulacoseira</i> <i>subarctica</i> (O. Müller) Haworth	0,1	0,3			0,1	0,8		
<i>Cyclotella</i> <i>antiqua</i> W. Smith					0,1		0,1	
<i>Ctenophora</i> <i>pulchella</i> (Ralfs & Kutz.) Williams & Round						0,3		
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg (mismunandi afbrigði)	3,9		5,0		0,7	0,4		
<i>Cocconeis</i> <i>pediculus</i> Ehrenberg	0,3	0,7				0,3	0,1	
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	0,6	0,2						
<i>Diatoma moniliformis</i> Kützing	0,8		1,0		0,6	0,5		
<i>Diatoma problematica</i> Lange-Bertalot	0,3	0,3				0,3	0,1	
<i>Diatoma</i> ógreint						0,6		
<i>Didymosphenia</i> <i>geminata</i> (Lyngbye) Schmidt		0,3			0,1			
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson						0,3	0,1	
<i>Epithemia</i> <i>turgida</i> var. <i>turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	1,1		0,3		0,3			
<i>Eunotia</i> cf. <i>exigua</i> var. <i>exigua</i> (Brébisson & Kützing) Rabenhorst		0,3						
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg					0,1		0,1	
<i>Gomphonema exilissimum</i> Lange-Bertalot & Reichardt						0,3		
<i>Gomphonema olivaceoides</i> Hustedt	0,3				0,4	0,3		
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Kützing	0,3				0,3		0,1	
<i>Gomphonema pumilum</i> hópur (nokkrar tegundir)	3,2		2,2		3,3	2,5		
<i>Gomphonema</i> cf. <i>rhombicum</i> Fricke			0,2		2,2	0,8		
<i>Gomphonema</i> ógreint						0,3		

Tafla 5. Framhald frá fyrri síðu.

Tegundir kísilþörunga eða tegundahópar	Selfoss I (stöð 530)		Sandvík (stöð 540)		Lógaritmísk skipting tegunda í litahópa eftir hlutfalli (%)
	7.11.2017		7.11.2017		
	Hlutfall (%)		Hlutfall (%)		
	Í seti: af steini	af mosa	Í seti: af steini	af mosa	
<i>Fragilaria arcus</i> var. <i>arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	1,1	0,6		0,2	
<i>Fragilaria</i> cf. <i>bicipitata</i> A. Mayer	0,3	0,8		1,0	
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	2,0	3,8	0,9	1,2	0,01-0,79
<i>Fragilaria</i> cf. <i>gracilis</i> Østrup	0,9	1,1	0,6	1,1	0,80-2,18
<i>Fragilaria</i> cf. <i>tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	0,3	0,3			2,19-4,66
<i>Fragilaria</i> tegund X	0,8	0,3	0,6		4,67-9,07
<i>Staurosira pinnata</i> Ehrenberg (og líkar tegundir)	15,5	16,8	12,2	11,7	9,08-16,90
<i>Fragilaria</i> hópur (t.d. <i>F. venter</i> , <i>F. brevistriata</i> og <i>F. pseudoconstruens</i>)	29,8	34,6	33,7	27,9	16,91-38,81
<i>Staurosira construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hamilton		1,5	0,4		38,82-55,51
<i>Staurosira robusta</i> (Fusey) Lange-Bertalot				0,2	
<i>Ulnaria ulna</i> var. <i>ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	0,4	1,5	0,6		
Fragilaria ógreint	1,1	0,8		0,3	
Melosira <i>varians</i> Agardh	0,6	1,4		0,8	
Meridion <i>circulare</i> var. <i>circulare</i> (Greville) C.A. Agardh			0,6		
<i>Adlafia langebertalotii</i> Monnier & Ector	2,9	0,2	5,0	0,9	
<i>Adlafia minuscula</i> Lange-Bertalot	0,4	0,4			
<i>Cavinula cocconeiformis</i> Mann & Stickle			0,3		
<i>Cavinula jaernefeltii</i> Mann			0,4		
<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> Mann & Stickle		0,2			
<i>Diademes brekkensis</i> (Krasske) D.G. Mann	0,2		0,3		
<i>Diademes perpusilla</i> (Grunow) D.G. Mann	0,3				
<i>Fistulifera saprophila</i> Lange-Bertalot			0,3		
<i>Geissleria acceptata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	0,5		0,6	0,3	
<i>Hippodonta capitata</i> Lange-Bert. Metzeltin & Witkowski	0,6	0,4	1,5	1,9	
<i>Luticola</i> tegund 1		0,2		0,2	
<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	0,3		1,3	1,1	
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	0,3		0,3		
<i>Navicula</i> cf. <i>seminulum</i> Grunow	0,5	0,3	0,6		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing (og líkar tegundir)	0,7	1,2	2,3	9,1	
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	0,7	1,4	1,0	1,1	
<i>Navicula lanceolata</i> Ehrenberg	0,7			2,1	
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	0,2	0,3		0,2	
<i>Navicula</i> tegund B	0,3				
Navicula ógreint	0,9		1,1	1,6	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>acicularis</i> (Kützing) W. Smith	0,3				
<i>Nitzschia</i> cf. <i>archibaldii</i> Lange-Bertalot		0,2			
<i>Nitzschia</i> cf. <i>lacuum</i> Lange-Bertalot	0,2	0,3			
<i>Nitzschia paleacea</i> Grunow og líkar tegundir	1,0	1,8	0,7	1,4	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>agnita</i> Hustedt	0,3	0,5	0,3		
<i>Nitzschia</i> cf. <i>dealpina</i> Lange-Bertalot & Hoffmann	0,3	1,2	0,9	0,3	
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	1,1	1,3	0,4	1,1	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>fonticola</i> var. <i>fonticola</i> Grunow				0,2	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>frustulum</i> var. <i>bulnheimiana</i> (Kützing) Grunow, (Rabh.) Grun	0,5		0,2	0,3	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>frustulum</i> var. <i>frustulum</i> (Kützing) Grunow			0,7	0,5	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>inconspicua</i> Grunow	1,3	1,0	1,4	0,6	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>liebetruithii</i> Rabenhorst	0,5	0,4	2,0	1,8	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>palea</i> var. <i>palea</i> (Kützing) W. Smith eða líkar tegundir		0,2	0,4	0,4	
<i>Nitzschia</i> cf. <i>perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	0,7	0,4	0,3		
<i>Nitzschia</i> cf. <i>pusilla</i> Grunow	0,1				
Nitzschia ógreint	6,5	3,4	2,2	3,7	
<i>Pinnularia neomajor</i> Krammer	0,2				
Pinnularia tegund 1		0,3			
Rhoicosphenia <i>abbreviata</i> (C.A. Agardh) Lange-Bertalot	0,6	0,4	0,5		
Rhopalodia <i>gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller		0,6	0,1	0,3	
Stephanodiscus <i>parvus</i> Stoermer & Håkansson	2,0	1,0	1,1	2,7	
Surirella <i>brebissonii</i> var. <i>brebissonii</i> Krammer & Lange-Bertalot	0,5		0,1	0,2	
Tabellaria <i>ventricosa</i> Kützing	0,3				
Tetracyclus cf. <i>emarginatus</i> (Ehrenberg) W. Smith				0,2	
Ógreint	0,6	2,4	1,7	1,7	

4.4 Botnlægir hryggleysingar

Þéttleiki botnlægra hryggleysinga var mun meiri á efri sýnatökustöðinni (nr. 530), þar sem meðalþéttleikinn var 141.942 einstaklingar á fermetra (7. mynd). Var þéttleiki botndýra rétt rúmlega helmingur þess á neðri sýnatökustöðinni (nr. 540). Á báðum stöðum var mjög mikill breytileiki á milli einstakra botnsýna, munur á milli sýna á neðri stöðinni var t.a.m. 25-faldur á meðan munurinn á efri stöðinni var rétt tæplega 5-faldur. Þennan mun má greinilega sjá þegar breytileikastuðull (e: *coefficient of variation*) fyrir hvora stöð er reiknaður. Hann var 0,61 á efri stöðinni (nr. 530) á meðan hann var 0,85 á þeirri neðri (nr. 540). Þetta ber að hafa í huga þegar niðurstöður á þéttleika botnlægra hryggleysinga á þessum tveimur sýnatökustöðum eru bornar saman. Heildarfjöldi tegunda/hópa botnlægra hryggleysinga á efri sýnatökustaðnum (nr. 530) í Ölfusá var 18 en 24 á þeim neðri (nr. 540) (tafla 6). Á efri sýnatökustöð (nr. 530) voru tveir skordýrahópar sem ekki fundust á neðri sýnatökustaðnum (nr. 540), þ.e. steinflugugyðlur (Plecoptera) og bredduflugur (Empididae). Hins vegar voru mun fleiri lífveruhópar/tegundir sem eingöngu fundust á neðri sýnatökustaðnum (nr. 540) t.d. bessadýr, örmlur, skelkrebbs, loðmý auk fjögurra ættkvísla rykmýs.



7. mynd. Þéttleiki botnlægra hryggleysinga (fjöldi dýra á fermetra) á tveimur sýnatökustöðvum í Ölfusá 7. nóvember 2017. Hver kassi sýnir dreifingu gagna fyrir sex sýni. Hvor kassi sýnir hvar fjórðungsmörk gagnanna liggja og skegg (e: whiskers) sýna hvar efri (90%) og neðri (10%) mörk gagnanna liggja. Lárétta línan í hvorum kassa sýnir miðgildið.

Figure 7. Density of benthic invertebrates (number of individuals at m^2) at two sampling sites in Ölfusá on November 7th, 2017. The lower part of the boxes indicate 25th percentile and the upper margins the 75th percentile. Whiskers (error bars) above and below each box indicate 90th and 10th percentiles. The horizontal lines within each box indicates the median.

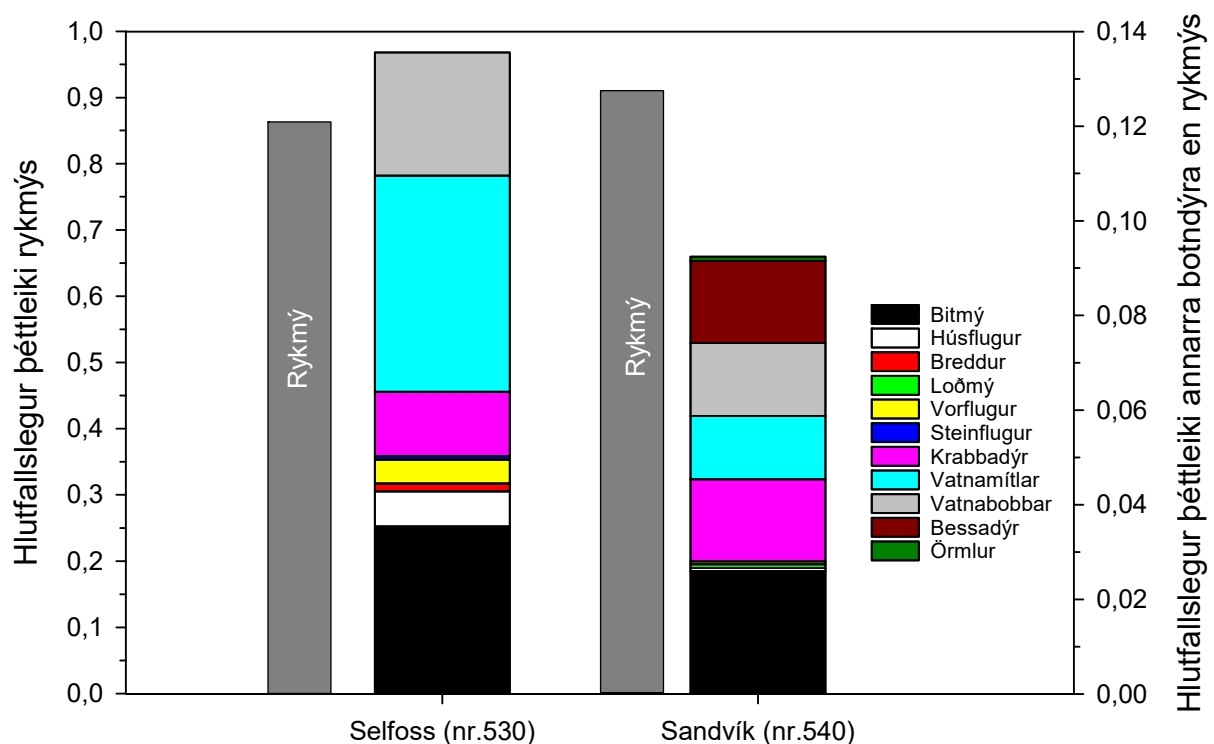
Tafla 6. Þéttleiki (fjöldi einstaklinga á fermetra) botnlægra hryggleysingja á tveimur sýnatökustöðvum í Ölfusá 7. nóvember 2017. Í dálkunum táknar X að tegund/hópur hafi verið til staðar en dýr ekki talin, þankastrik (-) táknar að tegundir/hópar voru ekki til staðar.

Table 6. Densities (number per square meter) of benthic invertebrates present at the two sampling sites in Ölfusá 7th November 2017. X indicates that the particular groups was present but not enumerated, and "-" indicates that a particular group was not present.

Flokkunareining	Stöð 530	Stöð 540
Örmlur (<i>Hydra</i>)	-	69
Bessadýr (<i>Tardigrada</i>)	-	1.301
Árfætlur (<i>Copepoda</i>)	1.541	1.061
Vatnsflær (<i>Cladocera</i>)	386	92
Skelkrebbs (<i>Ostracoda</i>)	-	150
Ánar (<i>Oligochaeta</i>)	X	X
Vatnabobbar (<i>Gastropoda</i>)	3.702	1.159
Vatnamítlar (<i>Hydrachnellae</i>)	6.484	1.003
Steinflugur (<i>Plecoptera</i>)	100	-
Vorflugur (<i>Trichoptera</i>)	719	45
Bitmýslirfur (<i>Simuliidae</i>)	5.027	1.949
Húsflugætt (<i>Muscidae</i>)	1.054	45
Bredduflugur (<i>Empididae</i>)	235	-
Loðmý (<i>Psychodidae</i>)	-	61
Rykmý (<i>Chironomidae</i>)		
<i>Arctopelopia</i> teg.	1.235	1.375
<i>Chaetocladius</i> teg.	-	575
<i>Cricotopus</i> (I.) <i>sylvestris</i>	308	894
<i>Cricotopus</i> (C.) <i>tibialis</i>	-	610
<i>Cricotopus</i> teg.	-	164
<i>Diamesa bohemani/zernyi</i> hópur	747	30
<i>Diamesa latitarsis</i> hópur	-	35
<i>Diamesa</i> teg.	-	219
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	9.329	3.142
<i>Eukiefferiella minor</i>	99.554	41.157
<i>Orthocladius</i> (P.) <i>consobrinus</i>	542	3.067
<i>Orthocladius</i> (O.) <i>frigidus</i>	2.806	9.891
<i>Psectrocladius sordidellus</i> hópur	-	323
<i>Orthocladinae</i> teg.	2.074	2.674
<i>Micropsectra</i> teg.	6.101	3.931
Ógr. rykmý	-	49
Heildarfjöldi tegunda/hópa	18	24

Rykmý var ríkjandi botndýrahópur á báðum sýnatökustöðum. Alls fundust að meðaltali 122.696 rykmýslirfur/m² í sýnum frá stöð 530 og 68.136 rykmýslirfur/m² frá stöð 540. Þrátt fyrir töluverðan mun á þéttleika milli sýnatökustöðva var hlutfallslegur þéttleiki rykmýs svipaður á stöðunum tveimur (8. mynd). Bitmýslirfur, vatnamítlar og vatnabobbar fundust í allnokkrum mæli á efri sýnatökustaðnum og var þéttleiki þeirra á bilinu 3.702 og 6.484 einstaklingar á fermetra (tafla 6) sem endurspeglast í hlutfallslegum þéttleika þessara hópa (8. mynd). Á neðri sýnatökustaðnum var þéttleiki þessara sömu botndýra mun lægri, eða á bilinu 1.003 og 1.949 einstaklingar á fermetra. Auk þessara þriggja botndýrahópa voru bessadýr og krabbadýr einnig algeng á neðri sýnatökustaðnum (8. mynd). Þrátt fyrir að ánar (liðormar) hafi ekki verið taldir, vegna þess hve illa þeir fara í varðveislu, var reynt að leggja mat á magn þeirra. Í því mati sást að áberandi meira magn ána var neðan skolprásarinnar, þar sem algengt var að yfir 100 ánar væru til staðar í hverju hlutsýni, í tveimur sýnum var þéttleiki ána í hlutsýnum yfir þúsund. Ofan við skolprásina, stöð 530, voru ánar mun fátíðari, frá 7 upp í nokkra tugi í hverju sýni.

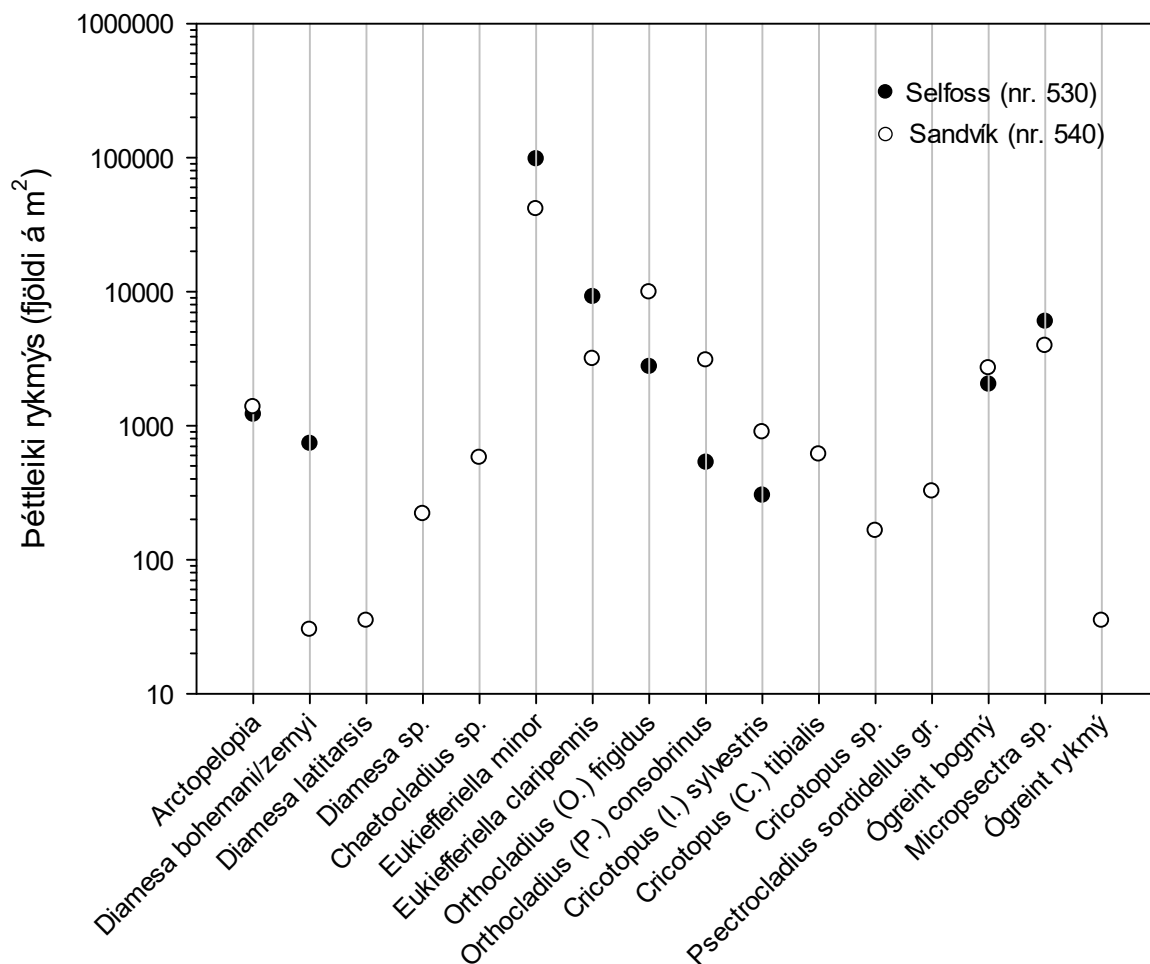
Talsverður sjáanlegur munur var á þéttleika botnlægra hryggleysingja á sýnatökustöðvunum tveimur en var þó ekki tölfræðilega marktækur ($P=0,07$, einhliða t-próf).



8. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki botnlægra hryggleysingja á tveimur sýnatökustöðum í Ölfusá, 7. nóvember 2017. Gráu súlurnar sýna samanlagðan hlutfallslegan fjölda rykmýs, lituðu súlurnar sýna hlutföll annarra botndýra.

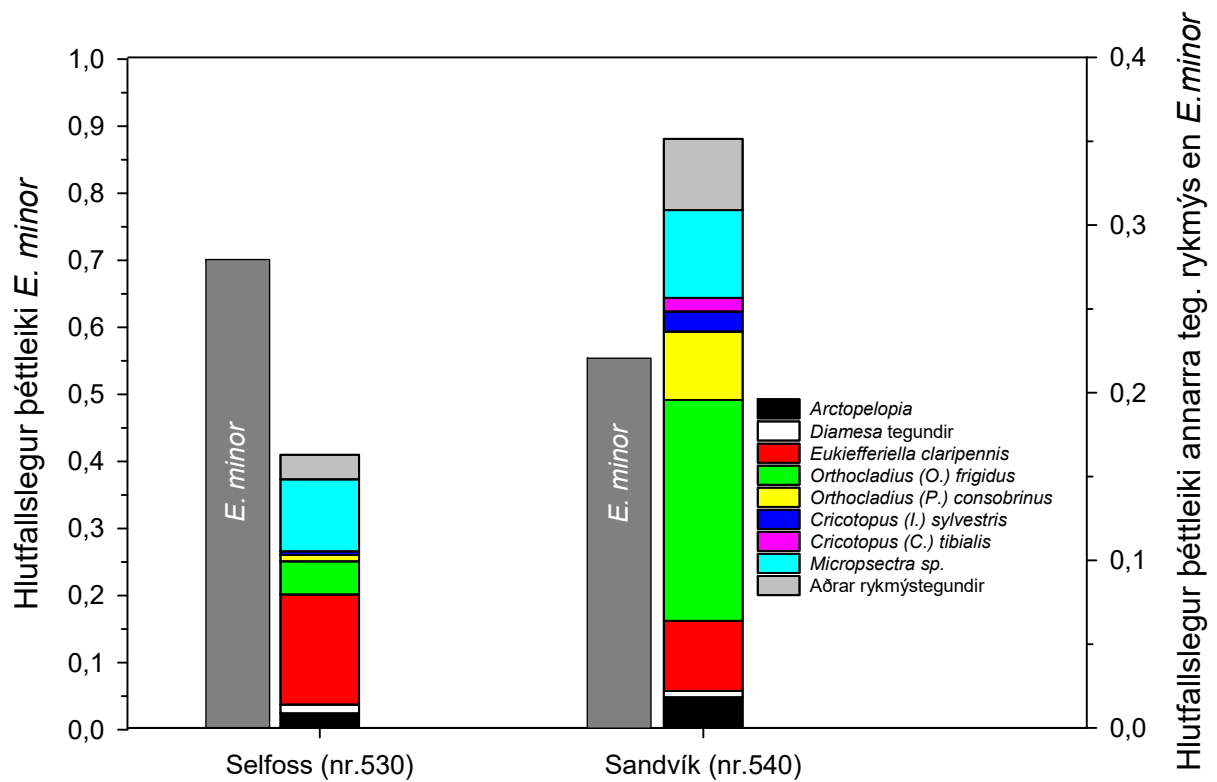
Figure 8. Relative density of benthic invertebrates at two sampling sites in River Ölfusá, 7th November 2017. Gray bars (right y-axis) show relative densities of chironomids and the coloured stacked bars (right y-axis) show the relative densities of other invertebrates.

Alls fundust 12 tegundir eða tegundahópar rykmýslirfa í Ölfusá í nóvember 2017 (9. mynd). Að jafnaði voru færri tegundir á stöð 530 þar sem 8 tegundir eða tegundahópar fundust en á stöð 540 fundust 12. Á stöð 530 voru *Eukiefferiella minor*, *Eukiefferiella claripennis*, *Microspectra* teg., *Arctopelopia* teg. og *Orthocladius* (*O.*) *frigidus* í mestum mæli (>1.000 einstaklingar á fermetra). Á stöð 540 (við Sandvík) voru sömu ættkvíslir og tegundir ríkjandi og voru á stöð 530, en auk þeirra var *Orthocladius* (*P.*) *consobrinus* einnig nokkuð algeng á stöð 540. Fjórar ættkvíslir og tegundir rykmýs sem fundust á stöð 540 en voru ekki til staðar á stöð 530, voru: *Chaetocladius* teg. *Cricotopus* (*C.*) *tibialis*, *Diamesa latitarsis* hópur og *Psectrocladius sordidellus* hópur. Shannon fjölbreytileikastuðull fyrir rykmýstegundir var hærri fyrir stöð 540 (1,43) en fyrir stöð 530 (0,61).



9. mynd. Þéttleiki (fjöldi á fermetra) rykmýslirfa í Ölfusá þann 7. nóvember 2017 á stöð nr. 530 (svartir hringir) og stöð nr. 540 (hvítir hringir).

Figure 9. Density (individuals per square metre) of chironomid larvae in R. Ölfusá 7th November 2017 at site no. 530 (filled circles) and site no. 540 (open circles).



10. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki tegunda og ættkvísla rykmýs, miðað við heildarþéttleika allra botndýra, á sýnatökustöðvum 530 við Selfoss og 540 við Sandvík.

Figure 10. Relative abundance of chironomid taxa of the total benthic invertebrate density at sampling sites 530 and 540.

4.5 Fiskur

4.5.1 Seiðarannsóknir 2017

Seiðarannsóknir fóru fram í Ölfusá á stöðvum 530 og 540, ofan og neðan við skolprásina við Geitanes (1. mynd), þann 12. október 2017. Á stöð 530 var straumur fremur stríður en nokkuð um lygnur með bökkum. Dýpið var um 5–40 cm. Botnngerðin einkenndist af smágrýti (60%) en þar var einnig allnokkuð af fínna og grófara efni. Gróðurþekja var metin um 50%, mest mosi (líklega aðallega ármosi *Fontinalis*). Botnngerðin á stöð 540 var grófari, straumur stríðari og dýpi meira. Stórgrýti var einkennandi botnngerð (50%) en smærri botnefni var þar einnig að finna og klöpp var nokkuð áberandi. Gróðurþekja mosa var metin 80% (tafla 7). Rafveitt var með bakka og farið mest um 6 m út í ána á báðum stöðvum sem markast af því sem straumur og dýpi leyfði.

Tafla 7. Straumur, vatnsdýpi og botnngerð á sýnatökustöðum 530 og 540 í Ölfusá. Tölur standa fyrir hlutdeild hvers botnngerðarflokks (%) af þekju á botni. Kornastærð innan hvers flokks er innan sviga. Botnngerðarflokkun er byggð á skýrslu eftir Þórólf Antonsson (2000).

Table 7. Current velocity, water depth and substrate at sampling sites at site 530 and site 540 in R. Ölfusá. Particle size in substrate groups is in brackets. Substrate groups are based on Þórólfur Antonsson (2000).

Stöð nr.	Straumur	Dýpi (m)	Leir/sandur (<1 cm)	Möl (1-7 cm)	Smágrýti (7-20 cm) (Small stones)	Stórgrýti (>20 cm) (Big stones)	Köpp (Rock)	Gróður- þekja (Moss cover)
(Site)	(Current)	(Depth)	(Mud/sand)	(Gravel)				
530	Fremur stríður	0,05 - 0,4	5	10	60	15	10	50
540	Stríður	0,2 - 0,5	2	5	20	50	23	80

Ofan skolprásar (nr. 530) voru laxaseiði ríkjandi, þar af mestmegnis seiði á fyrsta- (0⁺) og öðru ári (1⁺) en einnig var vottur af tveggja ára seiðum (2⁺). Parna fannst einnig urriði og bleikja, en í litlum fjölda. Á stöð 540, neðan skolprásar, voru urriðaseiði ríkjandi og voru þau á fyrsta og öðru ári. Þar var að finna bleikju í meiri mæli en á stöð 530 og einnig veiddust hornsíli, sem ekki veiddust á stöð 530. Laxaseiðin á stöð 540 voru flest eins árs. Heildarþéttleiki laxfiskaseiða var heldur meiri á stöð 540 en á stöð 530 (tafla 8).

Sé litið til lengdar seiða eftir tegundum og aldri voru jafngömul seiði af sömu tegund að jafnaði heldur stærri á stöð 540 en á stöð 530 (tafla 9). Holdastuðull laxaseiða var að meðaltali 1,06 á stöð 530 og 1,10 á stöð 540. Seiðin voru því heldur holdmeiri (digrari) neðan við skolprásina en ofan hennar (t-próf, p=0,04).

Tafla 8. Þéttleiki seiða laxfiska eftir tegundum og aldri í Ölfusá á stöðvum 530 og stöð 540 12. október 2017. Tölur standa fyrir veidd seiði á 100 m² í einni yfirferð í rafveiði.

Table 8. Juvenile densities of salmonids by species and age in R. Ölfusá at sites 530 and 540, 12th October 2017. Numbers are fish caught pr. 100 m² in one round in electro-fishing.

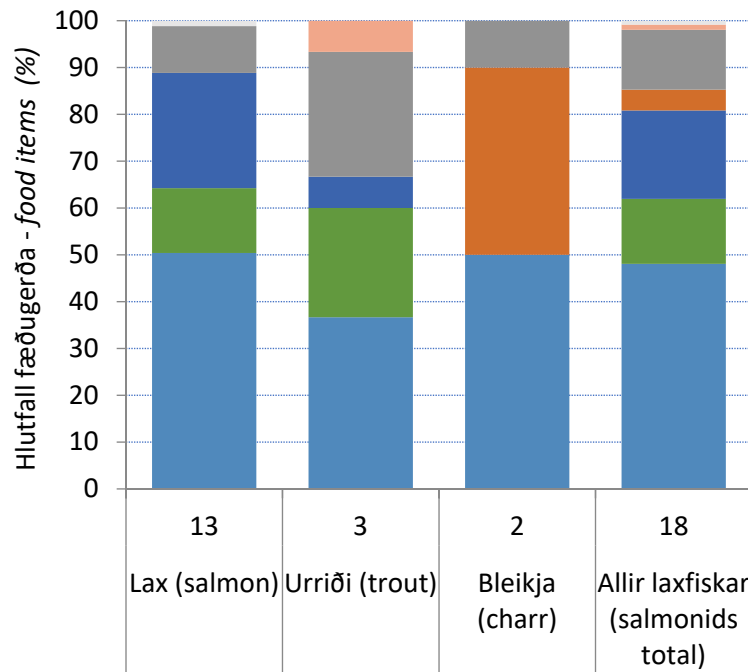
Staður (site)	Stöð nr.	Svæði m ² (area m ²)	Lax (salmon)			Urriði (trout)		Bleikja (charr)	Hornsíli	Samtals laxfiskar (total salmonids)
			0+	1+	2+	0+	1+			
Selfoss I	530	114	7,0	8,8	0,9	2,6	0	1,8	0	21,1
Sandvík	540	108	0,9	5,6	0,9	13	5,6	4,7	0,9	30,9

Tafla 9. Meðallengd (cm) seiða laxfiska í Ölfusá eftir tegundum og aldri á stöðvum 530 og 540, ofan og neðan skolprásar, í október 2017, ásamt staðalfrávik (±) og fjölda seiða í sviga.

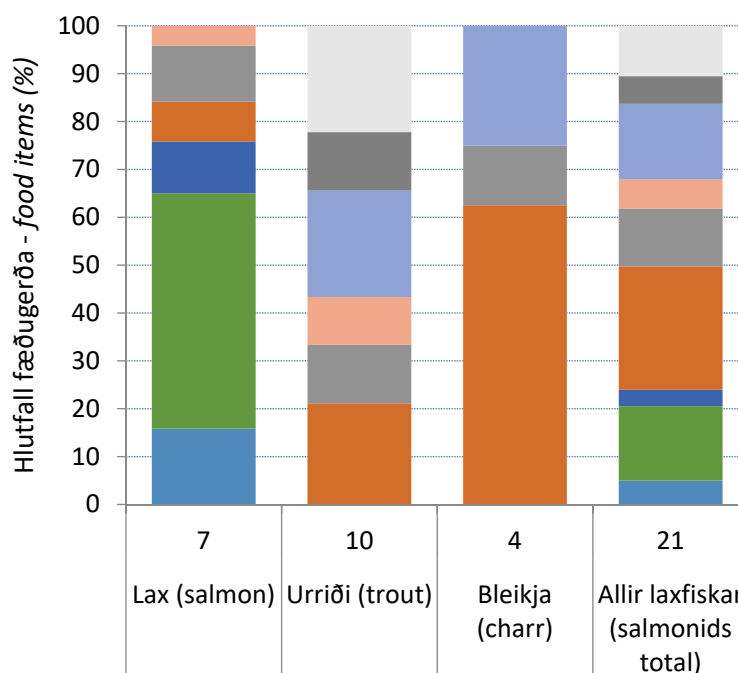
Table 9. Average length (cm) of salmonids by species and age in R. Ölfusá at sites 530 and 540 in October 2017, standard deviation (±) and number of juveniles in brackets.

Staður	Stöð nr. (site nr.)	Aldur (age)	Lax (salmon)	Urriði (trout)	Bleikja (charr)
Selfoss I	530	0+	5,0 ±0,4 (8)	6,6 ±1,1 (3)	9,2 ±0,5 (2)
		1+	8,6 ±1,7 (10)		
		2+	10,7 (1)		
Sandvík	540	0+	5,6 (1)	7,4 ±0,6 (14)	9,4 ±0,8 (5)
		1+	9,8 ±0,7 (6)	13,4 ±2,4 (6)	
		2+	11,0 (1)		

Magainnihald var greint hjá 18 seiðum laxfiska á stöð 530 og 21 seiði á stöð 540. Samsetning fæðunnar var talsvert ólík á milli stöðva (11. mynd a-b). Fæðan var fjölbreyttari í seiðamögum á stöð 540 en á stöð 530. Á stöð 530, ofan skolprásar, voru vorflugulirfur í mestum mæli í fæðu allra laxfiskaseiða, en þær var vart að finna í fæðu seiða við Sandvík. Á stöð 540, neðan skolprásar, var aðalfæða laxaseiðanna vatnabobbi og ánar voru aðalfæða bleikjuseiða. Sömuleiðis voru ánar þar í töluverðu magni í maga urriðaseiða. Ánar voru mjög lítið í fæðu seiða á stöð 530 nema hjá bleikju. Bitmýslirfur var allnokkuð að finna í fæðu seiða á stöð 530 en fundust í mjög litlum mæli í fæðu seiða á stöð 540 og þá eingöngu í laxaseiðum. Magafylli seiða var mun meiri í seiðum á stöð 530, eða 2,33 (n=18), en á stöð 540, en þar var hún 1,52 (n=21).



A) stöð. 530

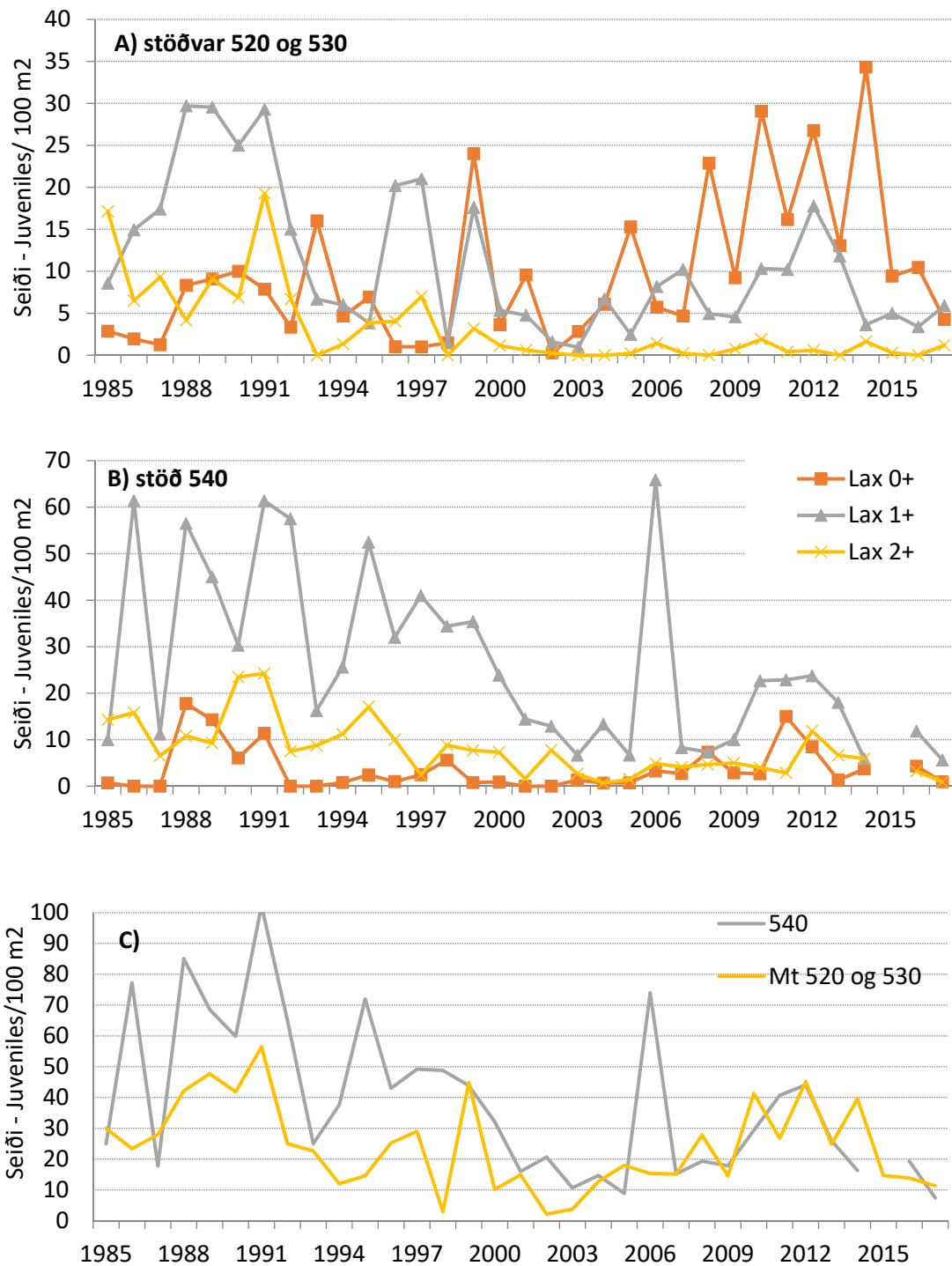


B) stöð 540

- Annað -Other items
- Fluga -Flies
- Ógreint -Unidentified items
- Rykmýspúpur -Chironomidae p.
- Rykmýslirfur -Chironomidae l.
- Ánar -Oligochaeta
- Bitmýslirfur -Simuliidae l.
- Vatnabobbi -Radix
- Vorflugulirfur -Trichoptera l

11. mynd a-b. Fæða, sem rúmmálshlutfall af magainnihaldi, hjá laxfiskaseiðum í Ölfusá við stöð 530 (A) og stöð 540 (B) í Ölfusá í október 2017. Lítið l táknað lirfur og p púpur. Fram kemur fjöldi athugaðra maga. Fæðugerðin „annað“ var að stærstum hluta landsniglar.

Figure 11 a-b. Food of juveniles in R. Ölfusá in October 2017 as volume of each food item in percentages at site 530 (A) and 540 (B). l means larvae and p pupae. Numbers are fish inspected. The main food in the category other are mainly terrestrial gastropods.



12. mynd a-c. Þéttleiki laxaseiða eftir aldri í Ölfusá á A) rannsóknastöðvum ofan skolprásar, stöðvar 530 og 520, B) á stöð 540 neðan skolprásar, á árunum 1985 til 2017. Mynd C) sýnir samanlagðan þéttleika allra árganga laxaseiða á stöðvum 520 og 530 (meðaltal) og á stöð 540 á sama tímabili. Engar mælingar voru gerðar árið 2016 á stöð 540 og á árabílinu 1992–1999 á stöð 530.

Figure 12 a-c. Juvenile salmon densities by age groups in River Ölfusá at A) sites 530 and 520, above the waste water outlet, and B) at site 540, below the outlet. Figure C) shows combined juvenile salmon densities of all age groups at stations 520 and 530 (averaged) and station 540. Densities were not estimated in year 2016 at site 540 and in the years 1992–1999 at site 530.

4.5.2 Vöktun á seiðabúskap

Til að sjá hvort og þá hvaða áhrif frárennsli um skolprásina ofan við Geitanes hefur haft á seiði laxfiska í gegnum árin var litið til niðurstaðna úr vöktun á seiðabúskap í Ölfusá sem staðið hefur allt frá árinu 1985. Ekki eru til samfelldar athuganir á stöð 530 (Selfoss I) sem er ofan við skolprásina og því er einnig litið til niðurstaðna úr seiðarannsóknnum á stöð 520 (Fossnes) sem einnig er ofan umrædds skolprásar en er handan árinna (1. mynd). Niðurstöður í þéttleikamati eru unnar saman fyrir báðar þessar stöðvar enda marktæk fylgni á milli þéttleika laxaseiða á þessum tveimur stöðvum ($r=0,554$, $p=0,017$, $n=18$).

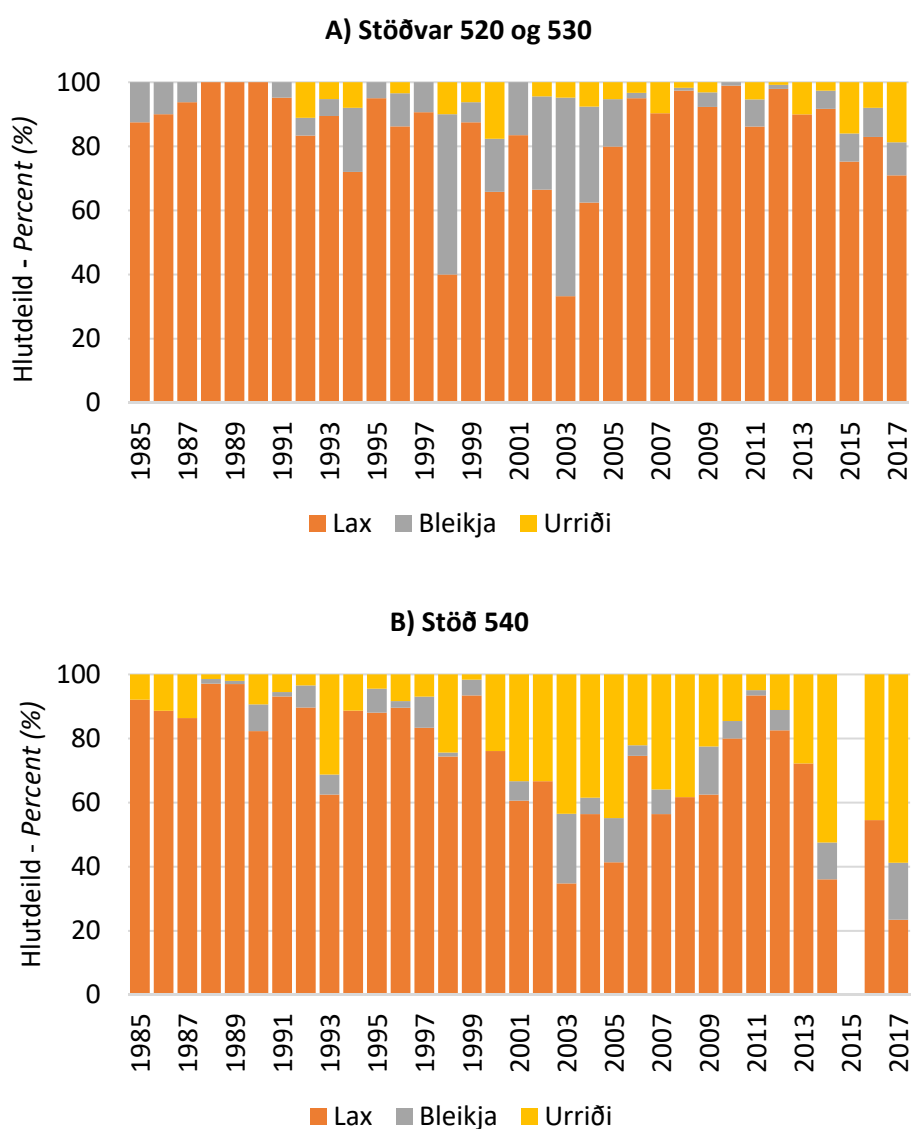
Þéttleiki laxaseiða á stöðvum 520 og 530, ofan skolprásar, er talsvert breytilegur á milli ára en að jafnaði hafa seiði á fyrsta og öðru ári verið í mestum mæli á þessum stöðvum en minna hefur verið af tveggja ára seiðum (12. mynd a). Meira er af tveggja ára seiðum á rannsóknastöð 540 sem er neðan við skolprásina. Flest laxaseiði í Ölfusá ganga til sjávar þriggja ára, en hluti þeirra gengur að öllum líkindum til sjávar þegar þau eru árinu yngri.

Frá því að seiðarannsóknir hófust árið 1985 hefur þéttleiki laxaseiða á athugunarstöð á stöð 540, neðan skolprásar, verið breytilegur. Eins árs seiði (1^+) hafa að jafnaði verið í mestum þéttleika en alltaf hafa fundist seiði á fyrsta (0^+) og þriðja ári (2^+) en þéttleiki þeirra hefur að jafnaði verið minni (12. mynd b). Lítið hefur komið fram af þriggja ára (3^+) laxaseiðum en engin eldri.

Á stöð 540, hefur heildarþéttleiki laxaseiða dregist saman á rannsóknartímabilinu. Á árunum 1985 til 1999 var þéttleiki eins árs laxaseiða flest ár yfir 30 seiði/100 m² en öll ár eftir það utan eitt (2006) var þéttleiki þeirra undir 25 seiði/100m² og mörg ár undir 10 seiði/100m². Áþekk þróun var í þéttleika tveggja ára seiða. Seiði á fyrsta ári hafa hins vegar aldrei verið áberandi á stöð 540 (12. mynd b). Seiðarþéttleiki laxaseiða hefur einnig dregist saman á stöðvum 520 og 530. Einkum á þetta við um eins árs seiði og þó sérstaklega tveggja ára seiði en þéttleiki þeirra hefur verið undir 5 seiðum á 100 m² síðan 1998. Þéttleiki seiða á fyrsta ári fór hins vegar vaxandi á árunum frá 2002 til 2014 en hefur dalað þrjú síðustu ár. Ef skoðaður er heildarþéttleiki allra aldurshópa laxaseiða má sjá að þéttleiki laxaseiða hefur dalað mun meira á stöð 540, neðan skolprásarinnar við Geitanes, en á stöðvunum tveimur ofan hennar. Fyrir 1999 var heildarþéttleiki allra laxaseiða flest ár yfir 40 seiði/100 m². Á stöðvunum ofan skolprásarinnar var þéttleiki laxaseiða yfir 20 seiði/100 m² en sveiflast flest ár eftir það milli 10 og 40 seiði/100 m² (12. mynd c).

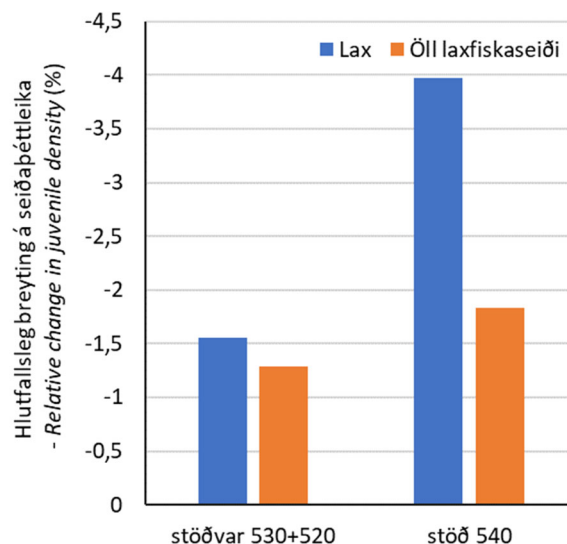
Auk laxaseiða er að finna urriða og bleikju á öllum þessum athugunarstöðvum. Hlutfall urriða hefur að jafnaði verið hærra á stöðinni neðan skolprásar en á stöðvunum ofan hennar, en hlutur bleikju hefur verið hærri á stöðvunum ofan við skolprásina (13. mynd a og b). Á tímabilinu frá því að rannsóknir hófust (1985) hefur innbyrðis hlutur tegunda verið breytilegur á stöðvum 520 og 530, ofan skolprásar (13. mynd a). Á árunum 1998 til 2005 lækkaði hlutur

laxaseiða, var þá oft um og undir 60% en inn kom bleikja í staðinn. Eftir það hefur hlutur laxaseiða aftur hækkað og verið yfir 80% (13. mynd a). Frá upphafi rannsókna á stöð 540 í Ölfusá, neðan skolprásar, má greinilega sjá að hlutur laxaseiða hefur lækkað talsvert á tímabilinu á meðan hlutur urriðaseiða hefur vaxið, en hlutur bleikju hefur alltaf verið lítill (13. mynd b). Á árunum 1985 til 2000 var hlutur laxaseiða flest ár um og yfir 80% en flest ár eftir það undir 80% og öll mæliár eftir 2013 verið undir 75%. Haustið 2017 var hlutur laxaseiða á stöð 540 aðeins 23,5%.



13. mynd a-b. Hlutfallsleg skipting seiða laxfiska eftir tegundum í Ölfusá A) á stöðvum 520 og 530 og B) á stöð 540 á árabílinu 1985-2017.

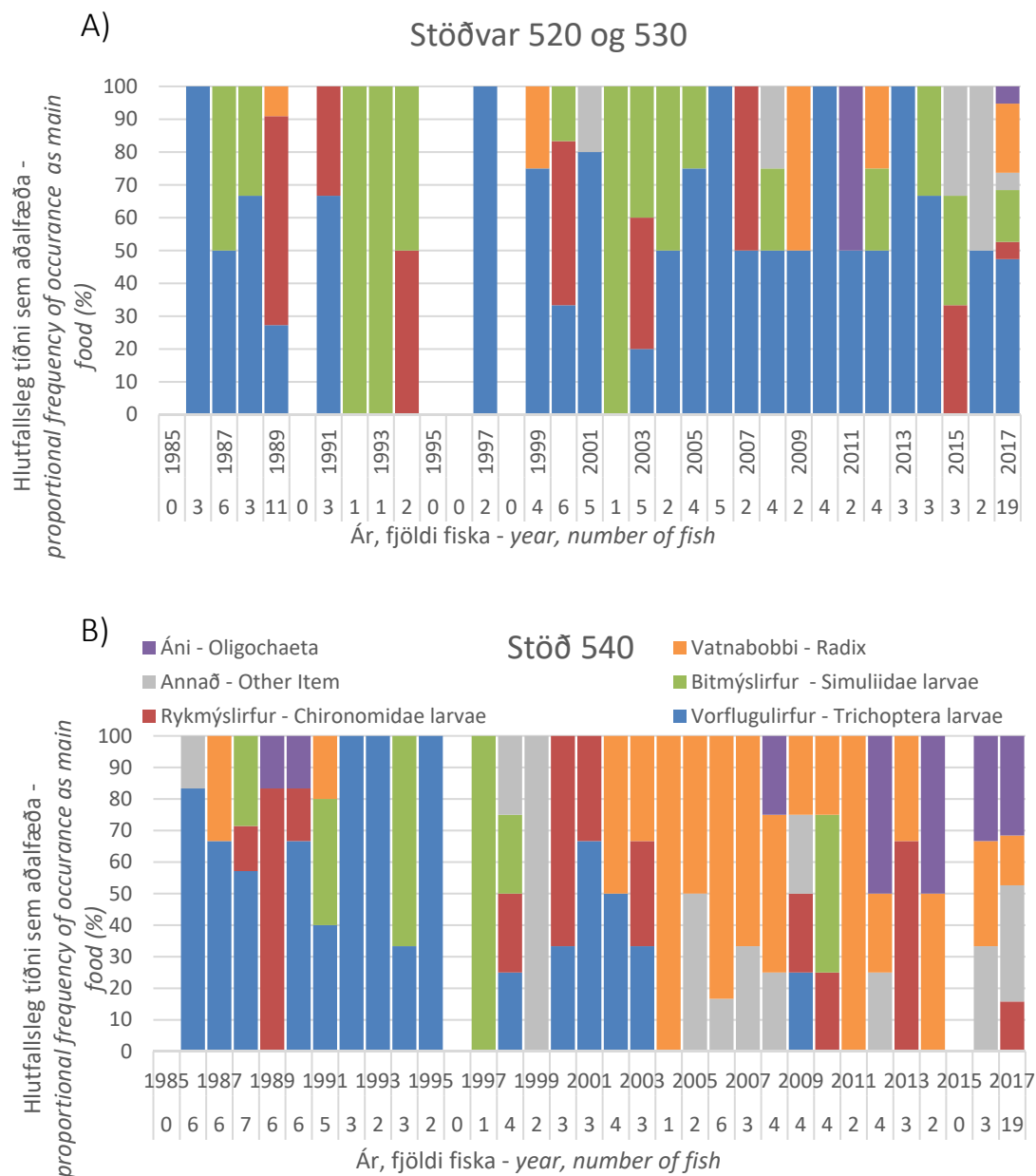
Figure 13 a-b. Percent of salmonid species in River Ölfusá at A) sites 520 and 530 and B) site 540 during the period 1985-2017. Atlantic salmon is orange, arctic charr grey and brown trout yellow.



14. mynd. Hlutfallsleg breyting á seiðapétteleika, reiknuð út frá hallatölu aðhvarfslínu fyrir pétteleika seiða laxfiska á stöðvum 520+530 og 540 í Ölfusá á árunum 1985-2017. Neikvæð gildi tákna minnkun pétteleika.

Figure 14. Percentage change of slope in densities of juvenile salmonids at Sandvík (site 540) and Selfoss-Fossnes (sites 530 and 520) in 1985-2017. Blue is salmon and orange is all salmonides. Negative values represent relative density decrease.

Til að skoða enn frekar breytingar á pétteleika seiða milli stöðva ofan og neðan við skolprásina ofan við Geitanes var borin saman hlutfallsleg breyting á heildarpétteleika laxaseiða annars vegar og pétteleika allra laxfiska hins vegar. Þar kemur í ljós að pétteleiki laxaseiða hefur minnkað bæði ofan og neðan við skolprásina, og er minnkunin mun meiri neðan hennar en ofan (14. mynd). Aðhvarfsgreining á gögnum um seiðapétteleika á tímabilinu 1985–2017 leiddi í ljós að hlutfallsleg lækkun á hallatölu aðhvarfsgreiningar, og þar með á pétteleika laxaseiða, á stöð 540 var 4,0% en 1,6% á stöðvum 520 og 530 saman. Munurinn á milli stöðva ofan og neðan skolprásar er minni þegar samanlagður heildarpétteleiki allra seiða laxfiska (lax, bleikju og urriða) er skoðaður, en þar var hlutfallsleg lækkun hallatölu seiðapétteleika 1,3 og 1,8%, ofan og neðan skolprásar (14. mynd). Skýringin á því liggur í að hlutfallslegur pétteleiki urriðaseiða hefur vaxið á tímabilinu, hækkun hallatölu aðhvarfslínu er 4,9% á stöð 540, á meðan pétteleiki laxaseiða hefur minnkað.



15. mynd a-b. Hlutfallsleg tíðni fæðugerða sem aðalfæða hjá seiðum laxfiska í Ölfusá á stöðvum 520 og 530 (við Selfoss I og Fossnes) (A) og í Ölfusá á stöð 540 (Sandvík) (B) á árabílinu 1985-2017.

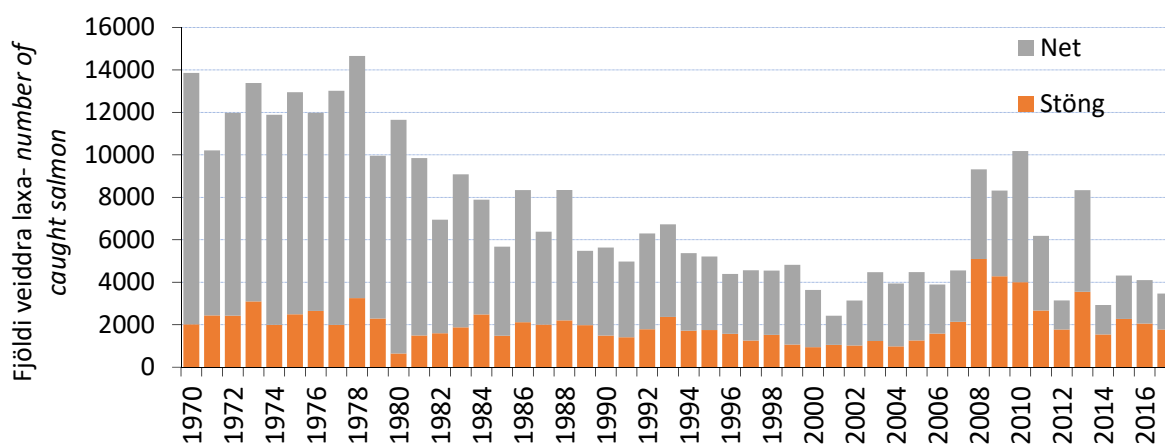
Figure 15 a-b. Frequency of occurrence (%) of food items as main food of salmonids at sampling sites in Ölfusá at sites 520 and 530 (A) and at site 540 in the years 1985-2017.

Fæða seiða hefur verið athuguð samhliða rannsóknum á þéttleika seiða í Ölfusá allt frá árinu 1985. Á stöðvunum tveimur ofan skolprásar, stöðvum 520 og 530, hafa vorflugulirfur verið langalgengasta fæðan ásamt bitmýslirfum. Einnig hafa rykmýslirfur verið nokkuð algengar. Á þessum stöðvum er ekki að sjá neina sérstaka þróun í vægi fæðugerða á tímabilinu (15. mynd a). Á stöð 540, neðan skolprásar, hefur samsetning fæðunnar verið allt önnur og þar má sjá greinilega breytingu á samsetningu fæðu seiða yfir tímabilið (15. mynd b). Fram til

ársins 2003 voru vorflugulirfur talsvert algengar og í mörg ár voru þær algengasta fæðugerðin. Eftir árið 2003 hafa vorflugulirfur nánast horfið úr fæðunni. Bitmýslirfur hafa vart fundist í fæðu seiða við Sandvík eftir 1997. Í stað þessara fæðugerða hafa vatnabobbar orðið mjög áberandi og síðustu ár hafa ánar komið inn í fæðuna í auknum mæli (15. mynd b).

4.5.3 Lax- og silungsveiði

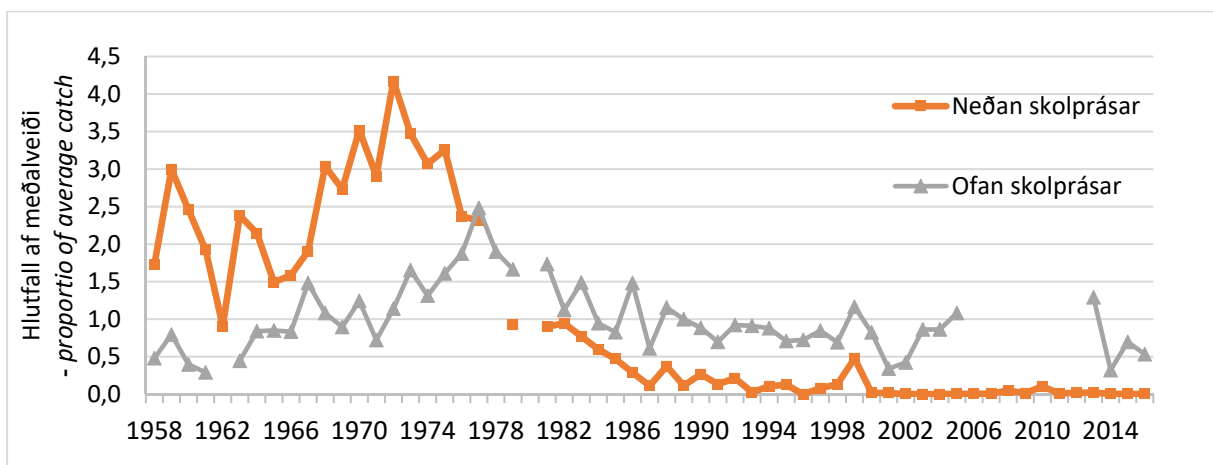
Veiðinýting á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár er bæði með stöng og netum. Netaveiði er eingöngu í jökulvatninu (Ölfusá og Hvítá) en þar er einnig stunduð stangveiði sem og í þveránum. Allur lax og sjógenginn silungur sem gengur upp vatnasvæðið úr sjó fer um Ölfusá. Langtímameðaltal (1970-2017) í laxveiði er 7.217 laxar á ári. Meðalveiði síðustu 10 ára (2008–2017) er 6.028 laxar á ári. Laxveiði hefur dregist saman síðustu ár en þó einkum netaveiði, bæði vegna minni sóknar en einnig vegna minni laxgengdar (16. mynd). Tíu ára meðallaxveiði í net er 3.128 laxar á ári, af þeim hafa 1.383 veiðst í Ölfusá en 1.745 í Hvítá. Tíu ára meðalveiði á laxi á stöng er 2.899 laxar á ári og þar af hafa 376 veiðst á stöng í Ölfusá. Talsverð veiði hefur einnig verið stunduð á silungi. Á tímabilinu 2008–2017 var meðalveiði á vatnasvæðinu öllu 1.549 urriðar og 1.536 bleikjur á ári. Af þeim hafa 813 urriðar veiðst í Ölfusá og þar af veiddust 542 sjóbirtingar á stöng en 271 í net. Mun minna veiðist af bleikju í Ölfusá en meðalveiði bleikju á sama tímabili var 18 fiskar. Mest hefur verið veitt af sjóbirtingi á stöng frá jörðum neðst í Ölfusá og í Ölfusárósi. Helsti stangveiðistaður laxa í Ölfusá er fyrir landi Hellis og Fossnes sem er veiðisvæðið handan árinna á Selfossi. Á sama tímabili veiddust þar að jafnaði 289 laxar, 59 urriðar og ein bleikja.



16. mynd. Árleg veiði laxa á stöng og í net á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár.

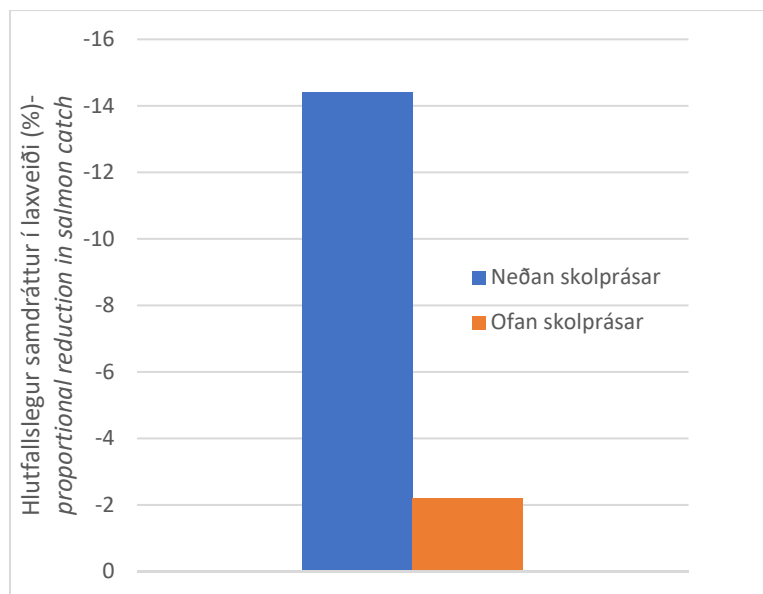
Figure 16. Yearly catch of salmon by net (grey) and rod (orange) in Ölfusá-Hvítá watershed.

Veiði á laxi og silungi í net er stunduð frá nokkrum jörðum við Ölfusá. Flestar þeirra eru á austurbakka árinna. Ofan skolprásarinnar við Geitanes eru Laugardælir og Selfoss. Neðan skolprásar eru Sandvíkurbærir en efsta og aðalnetalögnin er þar um 600 m neðan við skolprásina við Geitanes. Neðar er Kotferja en aðallögnin þar er um 2 km neðan skolprásar og enn neðar er Kaldaðarnes þar sem efsta netalögn er um 6,5 km neðan skolprásar. Þegar litið er til veiðiþróunar í laxveiði á jörðum við Ölfusá sést að á árunum milli 1970 og 1980 var veiði þar í hámarki á sama tímabili sem heildarveiði á vatnasvæðinu var einnig í hámarki. Veiði á jörðum neðan skolprásar, Sandvíkurbæjum og Kotferju, hafa fylgst nokkuð að. Veiðin tók að minnka á 8. áratug síðustu aldar og var orðin lítil sem engin seint á níunda áratugnum. Samdráttur var í netaveiði á jörðum við Ölfusá ofan skolprásar (Laugardælir og Selfoss), en þó ekki nærri eins mikill og neðan hennar (17. mynd). Aðhvarfsgreining á gögnum í þróun samanlagðrar veiði á laxi í net frá 1970 til 2016 í Laugardælum og Selfossi sem er ofan skolprásar og jörðumneðan skolprásar sýnir glögg að samdráttur í veiði er mun meiri á jörðum neðan skolprásar en ofan. Þannig var hallatala aðhvarfslínu gagna um heildarlaxveiði á tveimur efri jörðum neðan við skolprás -14,4% (Sandvíkur og Kotferja) og -6,1% á öllum jörðum saman neðan útrásar, en -2,2% ofan við aðalskolprásina frá byggðinni á Selfossi (18. mynd), sem þýðir að laxveiði í net hefur dregist saman að sama skapi.



17. mynd. Laxveiði í net í Ölfusá á jörðum ofan skolprásar og á tveimur efri jörðum neðan skolprásar, á árunum 1958-2016 sem hlutfall af meðalveiði viðkomandi jarða yfir tímabilið. Árinu 1980 er hér sleppt enda voru mjög óvenjulegar aðstæður það ár vegna jökulhlaups með mjög grugguðu vatni í Ölfusá og Hvítá. Ekki var veitt á báðum jörðum sum árin á árabílinu 2006-2010 ofan útrásar.

Figure 17. Catch of salmon in net in 1958-2016 as proportion of average catch of each site during the period. The year 1980 is not included because of a flood which brought unusually high load of suspended sediment down the river channel. In 2006–2008 no netfishing took place at Laugardælir and in 2007–2010 at Selfoss.



18. mynd. Hlutfallslegur samdráttur í laxveiði í net, reiknaður út frá breytingu á hallatölu aðhvarfslínu á gögnum um laxveiði í net á árunum 1970 til 2016, á veiðijörðum ofan og tveimur efri jörðum neðan skolprásar við Geitanes.

Figure 18. Relative change of net-caught salmon above (orange) and below (blue) the waste water outlet.

5. Umræður

5.1 Efnastyrkur í vatni og hormón í seiðum

Næringarefnastyrkur á Ölfusár-Hvítárvæðinu er tiltölulega hár niður allt vatnasviðið miðað við íslensk vatnsföll (Halldór Ármannsson o.fl. 1973; Sigurjón Rist, 1974; Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2003; Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018), líklegast þar sem ljóstillífun í jökulvatninu er að einhverju leyti takmörkuð af miklu gruggi og þar með litlu ljósmagni sem kemst inn í vatnsbolinn. Styrkur NO_3 að vetri til á vatnasviði Ölfusár; í Hvítá við Brúarhlöð, Tungufljóts við Faxe, Sogs við Þrastarlund og Ölfusár við Selfossbrú var 2,8; 4,5; 0,75 og 4,0 $\mu\text{mól/l}$ og styrkur PO_4 í sömu vatnsföllum á sama tíma var 0,86; 0,8; 0,3 og 0,35 $\mu\text{mól/l}$ (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2003; Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018). Hlutfall næringarefna í vatnakerfinu bendir til þess að ljóstillífun sé takmörkuð af köfnunarefni eins og algengt er í ferskvatni á gosbeltinu (Sigríður Magnea Óskarsdóttir o.fl. 2011; Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2017). Það er ólíkt því sem gerist víðast hvar annarsstaðar og stafar af því hve auðleyst, fosfórríkt, glerkennt basaltið á gosbeltunum er. Jökulár eru sérstaklega ríkar af fosfór þar sem þær geta veðrað mikið magn af fínmuldu bergi auk þess sem upptaka þess er fremur hæg sökum erfiðra aðstæðna fyrir lífríki í jökulám.

Niðurstöður mælinga úr sýnum úr Ölfusá sem safnað var af Ölfusárbrú og á stöð 530, ofan við skolprás við Geitanes, þann 7. nóvember 2017, eru sambærilegar við sýnaseríu sem safnað var úr Ölfusá af Ölfusárbrú 1996–2015 ($n=117$) (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018). Styrkur uppleystra efna í sýni sem safnað var á stöð 540 neðan við skolprásina, var yfirleitt hærri en á söfnunarstöðum ofan hennar¹. Þó voru niðurstöður á mælingum á leiðni, pH, alkalinity (basavirkni), Si, NO_3 og flestra snefilefna (utan Mn og Sr) sambærilegar við niðurstöður mælinga úr Ölfusá 1996–2015. Styrkur næringarefna (NO_2 , NH_4 , PO_4 , P-total og N-total) og nokkurra aðalefna (Na, K, Ca, Mg, SO_4 , Cl og F) var marktækt hærri á stöð 540 en meðalstyrkur þeirra í Ölfusá við Ölfusárbrú 1996–2015 (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018). Styrkur aðalefnanna og flestra köfnunarefnissambanda (NO_2 , NH_4 og N-total) á stöð 540 var 2–6 staðalfrávikum meiri en styrkur þeirra í Ölfusá 1996–2015 en styrkur fosfórs á stöð 540 var miklu hærri, eða 72 (PO_4) og 30 (P-total) staðalfrávikum hærri en meðaltal þess í Ölfusá við Ölfusárbrú 1996–2015. Athygli vekur að styrkur næringarefnisins NO_3 á stöð 540 var sambærilegur við meðalstyrk NO_3 í sýnaseríunni úr Ölfusá frá 1996–2016, en styrkur NO_3 í Ölfusá er mjög breytilegur eftir árstíðum og staðalfrávikðið því hátt. Styrkur NO_3 í sýnum frá stöð 540, neðan ræsis, var þó 30 og 50% hærri en í sýninu sem safnað var í nóvember 2017 á stöð 530 og af Selfossbrú, ofan skolprásar.

¹ Umfjöllun um 1. matsspurningu – sjá kafla 1

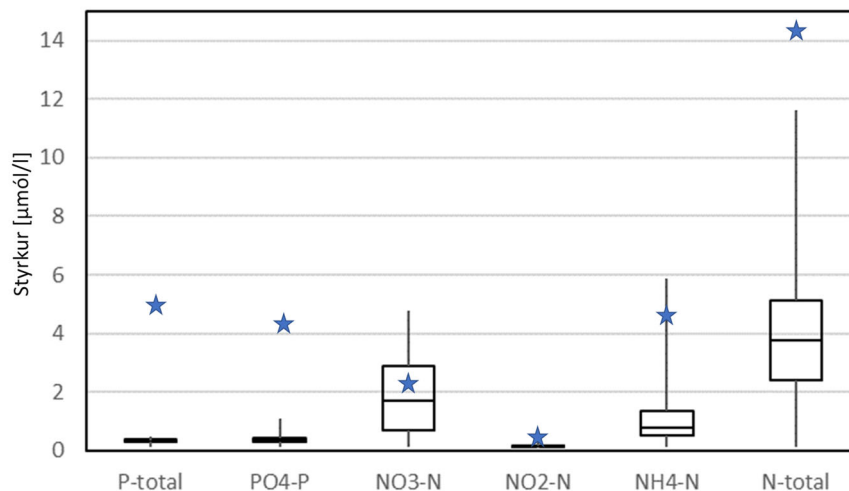
Heildarstyrkur lífræns kolefnis (TOC, e: *total organic carbon*) sem notað er til að meta mengunarálag í ferskvatni var lítillega hærra neðan ræsis en ofan þess en fellur í flokk I skv. reglugerð 796/1999, þrátt fyrir að vatnið úr skolprásinni hafi mælst með mjög háan styrk TOC (tafla 1), og hafi fallið í flokk V í sömu reglugerð. Hinsvegar endurspegla sýnin sem safnað var ofan og neðan ræsis einungis það lífræna kolefni sem var í svifögnum í ánni, þar sem þau náðu ekki að fanga allt það lífræna kolefni sem barst niður eftir ánni í stærri ögnum s.s. saur sem sést með berum augum fljóta niður ána frá skolprásinni. Það er því ljóst að meira er af lífrænu kolefni en niðurstöður úr sýnatökum gefa til kynna, því þær missa af stórum ögnum sem eru nánast eingöngu lífrænt kolefni. Frekara niðurbrot á því veldur því að sífellt meira endar sem svifagnir. Réttara væri því að kalla þessa mælingu SOC (e: *suspended organic carbon*) í stað TOC (e: *total organic carbon*).

Gera má ráð fyrir að styrkur efna, lífrænna og ólífrænna, sé ekki alltaf sá sami í skolprásinni þar sem álag á það er misjafnt eftir tíma sólarhringsins, ekki síst vegna starfsemi Mjólkurbús Flóamanna, sem er breytileg yfir sólarhringinn. Losun lífræns efnis er að jafnaði 40 þúsund persónueiningar (PE) en spönnin er mikil, frá 8.700 til 111.600 PE (Mannvit 2017b). Tímasetning söfnunar hlýtur því að skipta miklu máli hvað þetta varðar, líkt og endurspeglast í þeirri aðferðafræði sem notuð var við rannsókn á gerlum og efnainnihaldi fráveituvatns á Selfossi í febrúar 2017, en þá var einu punktsýni safnað á klukkustundarfresti yfir einn sólarhring í 24 tíma og útbúið eitt rennslisvegið blandsýni til að endurspegla meðalsamsetningu frárennslisins (Mannvit, 2017a og b). Slík nálgun hefði átt vel við í rannsókn sem þessari og hefði líklega gefið betri mynd af raunverulegri stöðu mála.

Á 19. mynd má sjá dreifingu (fjórðungsmörk) á næringarefnastyrk í sýnum úr Ölfusá 1996–2015 (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018) og styrk þeirra í sýninu sem safnað var á stöð 540 þann 7. nóvember 2017, neðan skolprásar. Myndin sýnir glögg tending háan styrk PO_4 , P-total og N-total í Ölfusá á stöð 540 samanborið við gagnaröðina úr Ölfusá 1996–2015. Styrkur NO_2 og NH_4 var einnig marktækt hærri en í sýnum frá 1996–2015. Styrkur NO_3 var hins vegar ekki marktækt hærri á stöð 540 en á stöð 530 sökum þess hve há spönnin er á styrk NO_3 í Ölfusá frá 1996–2015. Styrkur NO_3 var þó 50% hærri á stöð 540 en á stöð 530 á sama tíma.

Tafla 10 sýnir að P-total og PO_4 fellur í flokk E (ófullnægjandi vatn), NH_4 í flokk C (nokkuð snortið vatn) en önnur næringarefni falla í flokk A (ósnotið vatn) (Reglugerð 796/1999) ². Samkvæmt reglugerð 796/1999 er leyfilegur heildarstyrkur köfnunarefnis (N-total) áður en hann fellur um flokk það hár að sá styrkur sem mældist í Ölfusá við stöð 540 fellur í flokk A (ósnotið vatn) þrátt fyrir að vera mun hærri en mældist á viðmiðunarstöðunum í Ölfusá á stöð 530 og við Selfossbrú.

² Umfjöllun um 1. matsspurningu – sjá kafla 1.



19. mynd. Fjórðungsmörk styrks næringarefna í Ölfusá við Ölfusárbrú á árunum 1996 til 2015. Stjórnumar tákna styrk næringarefna í sýnum sem safnað var í Ölfusá á stöð 540, neðan skolprásar, þann 7. nóvember 2017.

Figure 19. Quarterly distribution of nutrient concentration in Ölfusá at the Selfoss bridge. The stars represent the nutrient concentration in Ölfusá at site 540 7th of November 2017, below the waste water inlet.

Tafla 10 a-c. Umhverfismörk fyrir málma og næringarefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki samkvæmt 9. grein reglugerðar 796/1999 og C) flokkun vatns í Ölfusá í nóvember 2017 – sjá umfjöllun í texta.

Table 10 a-c. A and B) Environmental limits for metals and nutrients in surface water for the protection of the environment according to regulation 796/1999. C) Concentration of heavy metals and nutrients in Ölfusá at the Selfoss bridge, at sites 530 and 540 in November 2017.

A.						C.			
Umhverfismörk fyrir málma og næringarefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki						Meðalefnasamsetning Ölfusár 07/11/2018			
						Sýni II		Sýni III	
						Ölfusá, Selfossbrú*		Ölfusá, st. 530 Ölfusá st. 540	
Málmar í yfirborðsvatni									
		A	B	C	D	E			
Kopar	µg/l	0,5	0,5-3	3-9	9-45	>45	0,269	0,215	0,184
Zink	µg/l	5	5-20	20-60	60-300	>300	0,668	0,274	0,676
Kadmíum	µg/l	0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	0,3-1,5	>1,5	0,054	0,031	0,023
Blý	µg/l	0,2	0,2-1	1-3	3-15	>15	0,019	0,016	0,017
Króm	µg/l	0,3	0,3-5	5-15	15-75	>75	0,572	0,575	0,473
Nikkel	µg/l	0,7	0,7-15	15-45	45-225	>225	0,178	0,087	0,129
Arsenik	µg/l	0,4	0,4-5	5-15	15-75	>75	0,058	0,058	0,069
Næringarefni í ám									
P-total	mg/l	<0,02	0,02-0,04	0,04-0,09	0,09-0,15	>0,15	0,010	0,009	0,152
PO ₄ -P	mg/l	<0,01	0,01-0,025	0,025-0,05	0,05-0,1	>0,10	0,008	0,008	0,130
NH ₃	mg/l	<0,01	0,01-0,025	0,025-0,10	0,1-0,25	>0,25	0,010	0,007	0,075
N-total	mg/l	<0,3	0,3-0,75	0,75-1,5	1,5-2,5	>2,5	0,056	0,026	0,200
B.									
Flokkun vatns									
Flokkur	A	B	C	D	E				
Ástand	Mjög lítil eða engin hættu á áhrifum	Lítil hættu á áhrifum.	Áhrifa að vænta á viðkvæmt lífríki.	Áhrifa að vænta.	Ávallt ófúlnægjandi ástand vatns fyrir lífríki/þyrningar svæði.				

Þar sem styrkur uppleystra aðalefna og snefilefna, þ.m.t. þungmálma, í sýni úr Ölfusá á stöð 540, neðan skolprásar við Geitanes, er ekki marktækt frábrugðinn sýnum sem safnað var af Selfossbrú úr Ölfusá (að undanskildu Mn og Sr) má sjá að innstreymi skolprásarinnar ofan Sandvíkur hefur lítil mengunaráhrif með tilliti til flestra uppleystra aðalefna og snefilefna (tafla 1). Áhrif skolprásarinnar á uppleyst næringarefni eru hins vegar mikil, og þar af leiðandi á lífríki árinna. Mest ber á fosfórmengun neðan skolprásar (stöð 540) á meðan munur á styrk köfnunarefnissambanda (NO_3 , NO_2 , NH_4 og N-total) ofan og neðan skolprásarinnar er minni. Við háan styrk fosfórs og hlutfallslega lægri styrk köfnunarefnis eiga blágrænar, köfnunarefnisbindandi bakteríur auðvelt uppdráttar og ná oft yfirhöndinni í samkeppni við aðrar tegundir. Það er einmitt raunin á stöð 540 þar sem mest bar á blágrænubakteríunni *Leptopyngbya* eins og fjallað er um í kafla 4.3.2.

Etinylestradiol 17α er kvenhormón sem búið er til á tilraunastofu og notað í lyf eins og getnaðarvarnalyf og hormónalyf sem oft eru notuð við tíðahvörf. Estradiol 17β er hins vegar náttúrulegt kvenhormón. Þessi efni eru algeng í fráveituvatni frá mannabyggð og geta haft neikvæð áhrif á afkomu lífvera í vatni (Larsson o.fl. 1999; Madsen o.fl. 2004). Ethylenestradiol (17α) og estradiol (17β) mældust í fráveituvatni í skolprásinni við Geitanes en einungis var estradiol (17β) mælanlegt í sýnum frá stöðvum 530 og 540, ofan og neðan við skolprásina. Styrkur estradiol var 28 sinnum hærri í skolprörinu en í ánni, en þrátt fyrir það mældist ekki aukning á hormónum í Ölfusá við Sandvík.³ Mælingar á hormónum í holdi laxaseiða sem veidd voru á stöðvum 530 og 540 (3. mynd), ofan og neðan skolprásar, sýndu að styrkur hormóna var alltaf undir greiningarmörkum.⁴ Því má draga þá ályktun að ekki hafði orðið uppsöfnun á kvenhormónum í seiðunum (tafla 2).

Styrkur uppleystra efna í Ölfusá er breytilegur yfir árið sem skýra má með breytingum á rennsli (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018). Þegar sýnum var safnað 7. nóvember 2017 var rennsli Ölfusár fremur lítið (tafla 1; Veðurstofa Íslands 2018) enda var langt liðið á haustið og jökulbráð farin að minnka. Meðalársrennsli Ölfusár er $378 \text{ m}^3/\text{s}$ (Hilmar Björn Hróðmarsson o.fl. 2009) og er rennsli alltaf fremur hátt. Megnið af árvatninu rennur um miðjan farveginn þar sem hann er dýpstur. Rennsli um skolprásina við Sandvík var ekki mælt í þessari rannsókn en í rannsókn frá 2. október 2013 var það mælt og reyndist vera $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ (Mannvit 2013). Aðrar mælingar á rennsli um ræsið á tímabilinu 2015–2017 voru á bilinu 0,1 til $0,35 \text{ m}^3/\text{s}$ og er rennslið að nokkru leyti háð grunnvatnshæð á svæðinu (Mannvit 2017b). Miðað við þetta er rennsli Ölfusár að meðaltali um 1000 sinnum meira en rennsli skolprásarinnar. Miðgildi heildarstyrks uppleysts fosfórs (19. mynd) í vatni í Ölfusá við Ölfusárbrú 1996–2015 var $0,329 \mu\text{mól/l}$. Blöndun á ómengðu vatni úr Ölfusá við fráveituvatn úr skolprásinni við Geitanes (P-

³ Umfjöllun um spurningu 8 – 1. kafli

⁴ Umfjöllun um spurningu 9 – 1. kafli

total = 180 $\mu\text{mol/l}$; tafla 1) þyrfti að vera 500 til 1000 föld til að veginn meðalstyrkur P-total félli innan flokks B miðað við reglugerð 796/1999 sem fjallar um umhverfismörk næringarefna (tafla 10). Ekki er líklegt að styrkur P-total í blöndu fráveituvatns og Ölfusár við Ölfusárbrú geti náð flokki A þar sem meðalstyrkur P-total við Ölfusárbrú er nú þegar í efri mörkum á flokki A, eins og er lýsandi fyrir jökulættað vatn (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2017). Leiða má að því líkum að þynning fráveituvatns skolprásarinnar við dæmigert vetrarrennsli Ölfusár við Selfosbrú myndi vera nægileg til að heildarstyrkur uppleysts fosfórs (P-total) og PO_4 falli í flokk B (lítið snortið vatn) eins og hann er skilgreindur í reglugerð 796/1999. Líklega mætti ná þeirri þynningu fremur hratt ef skolprörið næði út í meginál árinna þar sem blöndun er mest. Önnur efni í fráveituvatninu voru í minni styrk miðað við styrk þeirra í sýnum úr Ölfusá af Ölfusárbrú og því ekki líkleg til að valda alvarlegri mengun í ánni.

5.2 Botnlægir þörungar og blábakteríur

Eins og fram hefur komið hér að framan var næringarefnastyrkur á Ölfusár-Hvítárvæðinu tiltölulega hár niður allt vatnasviðið miðað við mörg önnur vatnsföll. Marktæk aukning sást á styrk fosfórs, nitríts og ammóníums á stöð 540 við Sandvík neðan við ræsið við Geitanes (19. mynd). Næringarefnaauðgun getur raskað jafnvægi vistkerfa, þar sem aukið framboð næringarefna getur leitt til fjölgunar frumframleiðenda eins og þörungar og blábaktería og breytt hlutföllum á milli tegunda, þar sem fáar tegundir verða ríkjandi (Scheffer 2004).

Niðurstöður þessarar rannsóknar voru á hinn bóginn að færri þörungar fundust og minna magn blaðgrænu mældist á steinum á stöð 540 í Ölfusá, sem er fyrir neðan skolprásina við Geitanes, miðað við það sem mældist ofar (stöð 530). Magn blaðgrænu er notað sem mælikvarði á lífmassa þörungar. Magn blaðgrænu á steinum í Ölfusá í nóvember 2017 var að meðaltali 6,3 á stöð 530 og 2,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ á stöð 540⁵ og er það svipað því sem mældist í júlí 2011 í hinni jökulblönduðu Hólmsá í Skaftárhreppi (1,0–9,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir 2012) og í dragánni Stóru-Laxá í Hreppum í ágúst 2014 (2,2–7,4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) (Magnús Jóhannsson o.fl. 2015). Fyrir neðan skolprásina (stöð 540) mældist magn blaðgrænu um þriðjungur af því sem það mældist á steinum ofan hennar (stöð 530)⁶. Sama má segja um þéttleika kísilþörungar, en fjöldi þeirra á steinum á stöð 540 var um þriðjungur af meðalfjölda á steinum á stöð 530.

Helstu áhrif af innstreymi skolps á þörungaflóru var á fjölda ættkvísla grænþörungar og blábaktería og samsetningu þeirra. Neðan við skolprásina voru færri ættkvíslir grænþörungar

⁵ Umfjöllun um spurningu 5 – sjá kafla 1

⁶ Umfjöllun um spurningar 4 og 5 – sjá kafla 1

og blábaktería, þar sem ein ættkvísl blábaktería, *Leptolyngbya*, var ríkjandi en sást ekki ofan hennar⁷.

Mosar sem uxu á steinum virtust vera líkir að magni á milli sýnatökustöðva, en þeir voru ekki greindir til tegunda. Á stöð 530 var ein gerð mosa ríkjandi og fannst hún einnig á stöð 540, ásamt annarri gerð mosa sem var dekkri á lit og með sterkbyggðari greinar. Dekkri tegundin gæti hafa verið um fjórðungur af mosanum á sumum af steinum á stöð 540.

Yfirborð steina í farvegi árinna var þakið lífrænum og ólífrænum ögnum sem eru upprunar að hluta til frá lífverum eins og þörungum og hryggleysingjum sem lifa í setinu. Set berst niður ána af náttúrulegum ástæðum en auk þess berst með fráveituvatni s.s. með skolprásinni við Geitanes. Þýngstu agnirnar setjast til á árbotninum og meðfram bökkum árinna. Magn lífræns efnis (öskulaus þurrvigt) mældist mun hærra á sýnatökustöð 540, sem ekki er hægt að rekja til þörungagróðurs eða hryggleysingja í seti. Enda er ljóst að bæði lífræn og ólífræn efni berast með skolpinu og setjast til í mosa og á steinum. Setlag var þannig þykkara og hafði ólíka ásynd á steinum frá stöð 540 en á steinum frá stöð 530. Þar sem hlutföll lífrænna efna voru lík á milli sýnatökustöðva, virðist skolpið ekki hafa leitt til hækkunar á hlutfalli lífrænna efna í seti, þó að magn sets á steinum við Sandvík hafi verið meira en ofar. Setið er hreyfanlegra undirlag en steinbotn eða mosar, þörungar geta ekki fest sig við setið án þess að eiga á hættu að lenda undir meira seti eða að fljóta í burtu ef setið skolast af steinum.

Gerðir samfélaga grænþörungna og blábaktería voru ólíkar á milli sýnatökustöðva 530 og 540. Þörungar og blábakteríur þrífast við mismunandi aðstæður og því hefur umhverfið mikil áhrif á það hvaða tegundir og ættkvíslir geta þrífist á hverjum stað. Þörungar eru því oft hentugir til að meta áhrif mengunar og annarra álagsþátta á lífverur (Bellinger og Sigg 2015). Þessir álagsþættir geta einnig verið af náttúrunnar völdum s.s. kulda og rennslibreytingum.

Á stöð 530 voru kísilþörungar og blábakteríur í nokkuð jöfnum hlutföllum, og grænþörungar í minna mæli. Á stöð 540, neðan skolprásar, fundust kísilþörungar og blábakteríur en engir grænþörungar. Þar voru köfnunarefnisbindandi blábakteríur af ættkvíslinni *Leptolyngbya* langstærsti hluti af fjölda og þekju þörungna og blábaktería (~90% af þörungþekju)⁸ en þessi ættkvísl finnst víða í ofauðguðum vötnum, meðal annars í affallsvötnum ýmisskonar iðnaðar (Peinador 1999).

Ofan skolprásar, á stöð 530, fundust grænþörungar af ættkvíslunum *Microspora*, *Stigeoclonium* og *Spyrogira*. *Microspora* er ættkvísl sem finnst víða í ám og vötnum. Ættkvíslin vex vel við breytileg skilyrði. Hún er til dæmis þekkt fyrir að vera algeng í samfélögum botnlægra þörungna í súru umhverfi og/eða við háan styrk þungmálma (Whitton o.fl. 2011) sem

⁷ Umfjöllun um spurningu 3 – sjá kafla 1

⁸ Umfjöllun um spurningu 3 – sjá kafla 1.

var þó ekki raunin á stöð 530 í Ölfusá. Tegundir af ættkvíslinni *Stigeoclonium* geta vaxið við háan styrk næringarefna og þungmálma og í Evrópu er hún stundum algengasta ættkvíslin í samfélögum þörunga á svæðum sem eru undir áhrifum landbúnaðar eða neðan við fráveitur skolps (Whitton o.fl. 2011). Af ættkvíslinni *Spyrogira* eru þekktar um 200 tegundir og er hún ein tegundaríkasta ættkvísl grænþörunga. Algengt er að finna ættkvíslina við árbakka og getur blómi hennar orðið mikill í næringarríkum vötnum, einkum á vorin og haustin (Whitton o.fl. 2011). *Spyrogira* fannst ekki í sýninu frá stöð 540, þó að styrkur uppleystra næringarefna væri hár í vatninu, en fannst hins vegar á stöð 530 ofan við skolprásina. Hafa skal í huga að eitt sýni var unnið ofan skolprásar og eitt fyrir neðan.

Sú staðreynd að eingöngu fannst ein ættkvísl blábaktería (*Leptolyngbya*) á stöð 540, auk þess sem að grænþörungar voru ekki til staðar, gæti bent til þess að áhrif fráveituvatnsins gæti fyrir vöxt og viðgang botnlægra þörunga. Vatnið ofan skolprásar, sem var fosfóríkt þegar rannsóknin var gerð og með hlutfallslega lítinn styrk köfnunarefnis, býður upp á kjöraðstæður fyrir vöxt köfnunarefnisbindandi blábaktería. Aðrar gerðir þörunga, eins grænþörungar og kísilþörungar, þrífust einnig vel fyrir ofan skolprásina. Framboð fosfórs og köfnunarefnis var mun meira neðan skolprásarinnar en ofan hennar og var styrkur fosfórs hlutfallslega hærri en styrkur köfnunarefnis, miðað við næringarefnapörf grænþörunga (1P:16N mól). Það gæti skýrt hvers vegna köfnunarefnisbindandi blábakteríur af *Leptolyngbya* ættkvísl hafi náð sér svo vel á strik og orðið ríkjandi. Þær geta nýtt sér aukið fosfór og bundið köfnunarefni sem upp á vantar úr andrúmslofti, en það geta grænþörungar ekki gert.

Auk grófflokkunar þörunga af steinum frá stöðvum 530 og 540 var framkvæmd ýtarlegri greining á kísilþörungum sem leiddi í ljós að þéttleiki kísilþörunga var um 60% lægri á stöð 540 m.v. stöð 530 (tæplega 1,3 milljón frumur/cm² á stöð 530 og tæplega 0,5 milljón frumur/cm² á stöð 540)⁹, en þó var tegundasamsetning og þar með fjölbreytileiki þeirra svipaður á stöðvunum (Shannon stuðull). Við fíngreiningu eru kísilþörungar taldir og hlutfall þeirra metið út frá fjölda frumna, en við grófflokkun er hlutfall ættkvísla metið út frá þekju frumna þörunganna. Niðurstöður fíngreininga á kísilþörungum sýndu að mjög lágt hlutfall var af köfnunarefnisbindandi kísilþörungum af *Epithemia* ættkvíslinni, miðað við heildarfjölda kísilþörunga ólíkt því sem niðurstöður grófflokkunar þörunga bentu til og fjallað er um í kafla 4.3.2. Köfnunarefnisbindandi kísilþörungurinn *Epithemia* er stórvaxinn og það getur skýrt þann mun sem grófflokkun og fíngreining kísilþörunga sýnir. Við grófflokkun (minni stækkun en við fíngreiningar) sjást stórgerðir þörungar vel, en minnstu kísilþörungarnir síður, en við fíngreiningu á kísilþörungum er hætta á að stærstu þörungarnir lendi utan þess hlutsýnis sem skoðað er.

⁹ Umfjöllun um spurningu 4 – sjá 1. kafla

Aukið næringarefnaframboð neðan skolprásarinnar virðist því ekki hafa valdið því að ákveðnar kísilþörungategundir hafi náð sér á strik og orðið ríkjandi á stöð 540. Í nokkrum tilvikum, þar sem hlutfall tegunda var lágt, var þó einhver munur á milli staða t.d. var *Epithemia* algeng á stöð 530 en fátíð á stöð 540. Nokkrar tegundir kísilþörungum sem voru flokkaðar saman í tegundahópinn *Navicula cryptocephala* og líkar tegundir voru algengari á mosa á stöð 540 en annars staðar. Þetta eru tegundir sem hafa hæfileika til að skríða upp úr seti auk þess að geta þrífist við næringarauðugra umhverfi. Kísilþörungar sem tilheyrðu tegundahópnum *Cocconeis placentula* (mismunandi afbrigði) eru kringlóttir og flatar frumur, sem festa sig flatir við yfirborð steina eða gróðurs. Þeir finnast gjarnan í straumvatni við nokkuð breytilegan styrk næringarefna. Þessar tegundir voru nokkuð algengar á steinum og mosa frá stöð 530, en voru mun sjaldgæfari í sýnum frá stöð 540. Á milli þessarar sýnatökustöðva var töluverður munur á magni sets á yfirborði steina og mosa og líklega voru aðstæður á steinum við Sandvík óhagstæðar fyrir botnfasta þörungum eins og *Cocconeis placentula*, þar sem yfirborð steinanna var þakið gráleitri skán. Enda voru algengustu tegundir kísilþörungum á báðum stöðum kísilþörungar sem festa sig ekki við botninn heldur fljóta yfir honum sem stakar frumur eða í keðjum. Það voru tegundir sem tilheyrðu tegundahópnum *Fragilaria* hópur (t.d. *F.construence* f. *venter*, *F. brevistriata* og *F. pseudoconstruens*) og hópnum *Staurosira pinnata* og líkar tegundir. Tegundasamsetning kísilþörungum á steinum í Ölfusá, fyrir ofan og neðan skolprásina við Geitanes, gaf þannig til kynna að áhrif af seti sem barst með skolpinu hafi haft meiri áhrif á samfélag kísilþörungum en aukið næringarframboð sem þó hafði líka einhver áhrif. Meðal þeirra hópa kísilþörungum sem sáust vel við grófflokkun þörungum voru *Aulacoseira islandicus*, þar var tegundin algengari í sýni frá stöð 530, ofan skolprásar, en frá stöð 540, neðan hennar, en sá munur kom ekki fram við fíngreiningu á kísilþörungum. Tegundin finnst víða í stöðuvötnum, eða í lygnum við árbakka. Berst hún líklega að einhverju leyti í Ölfusá úr Þingvallavatni þar sem hún þrífst vel, en þaðan er megnið af lindarvatni í Ölfusá komið (Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson 2012b).

5.3 Botnlægir hryggleysingjar

Rykmýslirfur einkenndu samfélög hryggleysingja í Ölfusá og var hlutfall þeirra mjög hátt á báðum sýnatökustöðum. Þéttleiki rykmýslirfa var þó töluvert hærri á stöð 530, ofan skolprásar, þar sem voru að meðaltali rúmlega 122 þúsund lirfur á hverjum fermetra en rúmlega 68 þúsund á stöð 540¹⁰, neðan skolprásar. Eins og áður hefur komið fram var mikið set á steinum neðan við skolprásina sem að öllum líkindum hefur áhrif á uppbyggingu samfélaga hryggleysingja. Vitað er að uppsöfnun á seti breytir aðgengi að ljósi ásamt því að

¹⁰ Umfjöllun um spurningu 6 – sjá 1. kafla

mýkja undirlag botnsins, sem gæti haft áhrif á samsetningu og fjölda hryggleysingja (Airoldi, 2003). Aðrir algengir hryggleysingjar á báðum stöðum voru bitmýslirfur og sniglar, en báir þessir hópar eru algeng fæðudýr fiska, en þéttleiki þeirra var mun minni neðan skolprásarinnar en ofan hennar. Niðurstöðurnar eru í samræmi við eldri rannsóknir á vatnakerfi Ölfusár sem herma að yfirgnæfandi meirihluti hryggleysingja tilheyri lirfum mýflugna, þ.e. bitmýs (*Simulium*) og rykmýs (Chironomidae) (Finnur Guðmundsson og Geir Gígja 1941).

Fjöldi rykmýstegunda var hærri neðan skolprásarinnar (stöð 540) en ofan hennar (stöð 530). Algengustu rykmýstegundirnar á báðum stöðunum voru *Eukiefferiella minor* og *Orthocladus (O.) frigidus*. Fyrrgreinda tegundin er algeng í íslenskum straumvötnum (Jón S. Ólafsson o.fl. 2002, Þóra Hrafnadóttir 2005) og þrífst hún afar vel á mosagrónum árbotni eins og var á báðum stöðvum í Ölfusá. Sömuleiðis er tegundin *O. frigidus* algeng í mosagrónum ám, sem og í lygnum og gróðurrikum bökkum (Moller Pillot 2013). Tegundin *Cricotopus (I.) sylvestris* fannst einungis á stöð 540, neðan skolprásar. Tegundin þrífst við breytilegar aðstæður og finnst m.a. í menguðum og straumhörðum ám, og þar sem jarðhita gætir (Jón S. Ólafsson o.fl 2010). Rannsóknir benda til þess að þéttleiki tegundarinnar aukist því neðar sem dregur í ám sökum viðbættra næringarefna, m.a. frá landbúnaði (Moller Pillot 2013). Tilvist *C. (I.) sylvestris* í Ölfusá á neðri rannsóknarstöðinni í Ölfusá stafar því hugsanlega af auknum næringarefnastyrk í árvatninu neðan við skolprásina. Fjórar aðrar tegundir eða hópar rykmýslirfa fundust eingöngu á stöð 540, neðan skolprásar, og voru það *Chaetocladus*, *Cricotopus (C.) tibalis*, *Diamesa latitarsis* hópur og *Psectrocladius sordidellus* hópur. Allt eru það tegundir sem finnast víða í Evrópu, sem og á Íslandi, og engin þeirra er sérstaklega flokkuð sem þolin (e: *tolerant*) tegund (Moller Pillot 2013). Þrátt fyrir marktækt minni þéttleika rykmýslirfa á stöð 540, neðan skolprásar, var fjölbreytileiki rykmýslirfa þar meiri en mældist við stöð 530¹¹. Það skýrist af miklum tegundafjölda ásamt jafnri dreifni á rykmýstegundum á stöð 540, en jöfn dreifing og fjöldi tegunda eru álíka mikilvægar forsendur við mat á fjölbreytileika samfélaga (Magurran 2002).

Auk rykmýslirfa voru ánar áberandi á báðum sýnatökustöðvunum og var þéttleiki þeirra (byggt á sjónrænu mati) margfalt meiri neðan skolprásar (stöð 540) en ofan hennar (stöð 530)⁹. Rannsókn á ánum var ekki magnbundin vegna þess hve illa þeir varðveitast í etanóli. Meiri þéttleiki ána neðan skolprásar endurspeglast e.t.v. í háu hlutfalli ána í magasýnum laxfiska á stöð 540, neðan skolprásar, samanborið við magasýni laxfiska á stöð 530, ofan skolprásar, þar sem vorflugulirfur voru ríkjandi fæða. Ánar hafa lengi verið notaðir sem líffræðilegur gæðapáttur í ferskvatni (e: *bioindicator*) varðandi lífræna mengun í vatnakerfum. Talið er að hlutföll ána aukist á botni mengaðra vatnakerfa, meðal annars vegna þess að þeir þoli lágan styrk súrefnis í vötnum þar sem rotnun er mikil sökum lífrænnar

¹¹ Umfjöllun um spurningu 6 – sjá 1. kafla

mengunar (Rodriguez og Reynoldson 2011). Mikil uppsöfnun á lífrænu- og ólífrænu seti neðan skolprásarinnar gæti því skapað heppilegar aðstæður fyrir ýmsar tegundir ána, þar sem þeir eru með blóðrauða (haemoglobin) sem gerir þeim kleyft að þola súrefnisskort betur. Í rannsókn á lífríki árinna Derwent í Englandi (Brinkhurst 1965) var áhrifum lífrænnar mengunar frá fráveituvatni skolprásar lýst og voru ánar einkennandi neðan við skolprásir en aðrir hópar hryggleysingja fátíðir. Fjölbreytileiki hryggleysingja jókst eftir að nýtt og betrumbætt fráveitukerfi var tekið upp í grennd árinna, ásamt því að fjöldi ánategunda jókst (Brinkhurst 1965). Sambærilegar niðurstöður er að finna í rannsókn Gísla Más Gíslasonar, en þar var áhrifum lífrænnar mengunar á hryggleysingja í Varmá í Mosfellssveit lýst (Gísli Már Gíslason 1980). Þessar niðurstöður benda til þess að fjölbreytileiki hryggleysingja muni aukast með aukinni hreinsun skolps frá Selfossi.

Vorflugulirfur fundust í nokkru mæli á stöð 530, ofan skolprásar, en voru afar fátíðar neðan hennar (stöð 540) í þeim sýnum sem voru unnin.¹² Vorflugulirfur eru hluti af svokölluðum ETP (Ephemeroptera (dægurflugur), Trichoptera (vorflugur) og Plecoptera (steinflugur)) hópi skordýra sem er notaður sem vísitala á gæði vatna og er tilvist þeirra og fjölbreytni yfirleitt vísbending um ágætis vatnsgæði (Barbour o.fl. 1999). Bæði vorflugulirfur og gyðlur steinflugna var að finna á stöð 530 ofan skolprásar en ekki eða í litlu magni neðan hennar. Út frá því má álykta að vatnsgæðin séu betri ofan skolprásar en neðan hennar. Steinflugugyðlur eru almennt taldar viðkvæmar fyrir lífrænni mengun (Armitage 1983, Gísli Már Gíslason 1980). Loðmý eða fiðrildamý (Psychodidae) fannst einungis neðan skolprásarinnar (stöð 540) og lifa lifur margra tegunda þessarar ættar í eða við skolp (Smith 1989).

Lífmassi hryggleysingja í Ölfusá var ekki mældur í þessari rannsókn. Æskilegt væri að endurtaka sýnatöku og rannsaka lífríki neðar í Ölfusá, með því markmiði að skoða svæðisbundna útbreiðslu frumframleiðenda og hryggleysingja. Áhrif skolplosunarinnar kunna að vera staðbundin við nálæg búsvæði og þynningaráhrif valda því mögulega að ákveðnir hópar þörungna og hryggleysingja birtist á ný er fjær dregur frá skolprásinni.

5.4 Fiskar

Heildarþéttleiki seiða laxfiska árið 2017 var meiri neðan skolprásar (stöð 540, við Sandvík) en ofan hennar (stöð 530, við Selfoss). Hins vegar var þéttleiki laxaseiða lægri á stöð 540 en á stöð 530.¹³ Þetta helgast af hlutfallslega meiri þéttleika urriðaseiða á stöð 540, neðan við skolprás, en þar voru þau ríkjandi tegund fiskar. Jafngömul seiði voru heldur stærri á stöð 540 og þar var holdastuðull seiða heldur hærri en á stöð 530 (kafla 4.5.1). Þetta gæti bent til hraðari vaxtar

¹² Umfjöllun um spurningu 6 – 1. kafla

¹³ Umfjöllun um spurningu 7 – 1. kafla

sem gæti tengst auknu fæðuframboði. Grófari botngerð á stöð 540 sem gefur stærri seiðum aukið skjól getur skýrt hærri þéttleika eldri og stærri seiða sem og hagstæðari búsvæði fyrir fæðudýr og þess vegna betri vaxtarskilyrði fyrir seiði.

Talsverður munur var á samsetningu fæðu seiða milli stöðva en fæðan endurspeglast í því sem í boði er á hverjum stað. Fæðan var fjölbreyttari hjá laxfiskaseiðum á stöð 540, neðan skolprásar, en á stöð 530, ofan hennar. Á stöð 530 voru vorflugulirfur í mestum mæli fæðunni, en þær var vart að finna í fæðu laxfiskaseiða á stöð 540, neðan skolprásar, þar sem vatnabobbi var aðalfæða laxaseiða auk þess sem hlutdeild ána var nokkur. Ánar höfðu litla hlutdeild í fæðu á stöð 530. Bitmýslirfur voru í nokkum mæli í fæðu seiða ofan fráveitu (stöð 530), einkum hjá laxaseiðum, en fundust í mjög litlum mæli neðan skolprásar (stöð 540). Samsetning fæðunnar ræðst að líkindum af þeim fæðugerðum sem eru til staðar og vali seiða á fæðu. Rannsóknir á fæðu laxfiska í Ölfusá endurspegla niðurstöður rannsókna á hryggleysingjum sem greint er frá í kafla 4.3 og rætt er um í kafla 5.3. Þar kemur fram að vorflugulirfur voru ekki til staðar á stöð 540, neðan skolprásar, og því eru þær ekki hluti af fæðu laxfiskaseiðanna sem þar veiðast. Lirfur vorflugna eru mjög algeng fæða seiða laxfiska í ám hér á landi einkum hjá eldri seiðum ($> 0^+$) (Magnús Jóhannsson o.fl. 2011, Magnús Jóhannsson o.fl. 2015, Þórólfur Antonsson 2015). Magafylli seiða var hærri á stöð 530, ofan fráveitu, eða 2,33 ($n=18$), samanborið við stöð 540, neðan fráveitu, en þar var hún 1,52 ($n=21$). Lítil magafylli á stöð 540 er í nokkurri mótsögn við það að meiri vöxt megi skýra með betri fæðuskilyrðum. Ekki er gott að skýra þennan mismun en hér getur verið um tilviljun að ræða, áhrif fráveituvatns skolprásar, og/eða að fylli seiða sé breytileg milli daga. Magafylli getur líka ráðist af því hve hratt viðkomandi fæðugerð meltist. Hugsast getur að ánar, sem mikið var af neðan við skolprás, meltist hraðar en vorflugulirfur sem hafa harðgerðari byggingu, og byggja hús sín úr ólífrænu efni eins og sandkornum.

Sé litið til þróunar á þéttleika fyrir lax frá 1985 til 2016 má sjá að seiðum virðist hafa fækkað á þeim stöðum sem vaktaðir hafa verið í Ölfusá, og á það bæði við um eins árs og tveggja ára seiði.¹⁴ Þéttleiki laxaseiða í heild yfir tímabilið hefur hinsvegar minnkað mun meira á stöð 540, neðan skolprásar, en ofan hennar á stöðvum 520 og 530 (1. mynd). Þá hefur hlutur laxaseiða í heildarþéttleika seiða lækkað talsvert á tímabilinu á stöð 540 á meðan hlutur urriðaseiða hefur vaxið, ólíkt því sem var á stöð 520 og 530, ofan ræsis. Ætla má að fráveituvatn skolprásarinnar frá byggðinni á Selfossi geti hafa haft þarna áhrif til minni þéttleika laxaseiða og svo virðist að urriði geti komið inn á svæði þau sem lax hefur vikið af.

Margar tegundir fiska eru viðkvæmar fyrir lífrænni mengun, þ.m.t. skolpmengun og eru laxfiskar sérlega viðkvæmir að því leyti (Sandlund o.fl. 2013). Til að mynda er lax mjög

¹⁴ Umfjöllun um spurningu 7 – 1. kafli

viðkvæmur fyrir hnignandi vatnsgæðum (Hendry og Cragg-Hine 2003) og er líklega viðkvæmari fyrir skolpmengun en urriði. Skolp og ýmis efni sem í því eru getur haft bæði bein og óbein áhrif á fiska m.a. í gegnum búsvæði og/eða fæðu. Efni í skolpinu geta og valdið eitúráhrifum sem leiðir fiska til dauða og skolpmengun getur valdið streitu sem gerir fiska viðkvæmari fyrir sýkingum. Mögulega geta efni s.s. lyfjaleifar eða hormón haft áhrif þótt það geti verið erfitt að mæla þar sem þau geta verkað við mjög lágan styrk. Í raun er mjög lítið þekkt um áhrif fjölmargra eiturefna á fiska (Scott og Sloman 2004). Þó hefur verið sýnt fram á að mengunarefni í skolpi geta haft áhrif á lífeðlisfræði fiska (Giang o.fl. 2018) m.a. breytt hormónastarfsemi þeirra og haft áhrif á hegðun fiska (Scott og Sloman 2004). Einnig er þekkt að efni í eitruðum þörungum sem lifa í skolpmenguðu vatni geta borist gegnum fæðu yfir í fiska.

Athygli vekur hvernig breyting hefur orðið á tímabilinu 1985 til 2017 á fæðu seiða laxfiska á stöðvum ofan og neðan við ræsið sem er ofan við Geitanes. Ofan ræsisins, stöðvar 520 og 530, hafa vorflugulirfur verið lang algengasta fæðan ásamt bitmýslirfum og lítil breyting orðið þar á tímabilinu. Við Sandvík (stöð 540) neðan við ræsið, hefur samsetning fæðunnar verið allt önnur en á stöðvunum ofan þess og greinileg breyting hefur átt sér stað á samsetningu fæðu seiðanna. Bitmýslirfur hafa vart fundist í fæðu seiða þar eftir 1997 og vorflugulirfur hafa vart fundist í fæðu laxfiskaseiða eftir 2003. Í stað þeirra hafa vatnabobbar og ánar komið. Þarna er líklega um að ræða áhrif frá skolpmengun en þekkt er að flestar tegundir vorflugna eru næmar fyrir lífrænni mengun meðan ánar og vatnabobbar eru það ekki (Armitage 1983). Því má ætla að aukið álag skolpmengunar hafi leitt til þessara breytinga á botndýrasamfélögum neðan skolprásar (sjá kafla 4.4 og 5.3) og þar með fæðuframboðs fyrir laxfiskaseiði.

Sé lítið til þróunar á laxveiði á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár sést að hún hefur dregist saman og það hefur netaveiði í Ölfusá einnig gert. Samanburður á laxveiði í net á jörðum neðan ræsis, og á öðrum jörðum í Ölfusá, sýnir að neðan ræsis var orðin lítil sem engin veiði seint á níunda áratug síðustu aldar og hefur verið svo síðan. Samdráttur var í veiði á öðrum jörðum í Ölfusá en ekki nærri eins mikil. Athygli vekur að samdráttur í laxveiði neðan við skolprásina varð eftir að aðalræsið frá byggðinni er leitt í ána neðan við Selfossbæina á áttunda áratug síðustu aldar og síðan á tíunda áratugnum eftir að skolprásir frá mestallri og vaxandi byggð á Selfossi voru sameinaðar ofan við Geitanes.

Fiskar á göngu upp ár þurfa að spara orku (Fish 2010) og velja þess vegna strauminni svæði og ganga því mikið nálægt bökkum ána (Hinch o.fl. 2002, Sutela o.fl. 2018). Það fer m.a. eftir vatnsmagni, öðrum umhverfisaðstæðum og fiskstærð hvar fiskar velja að ganga, stórir fiskar ganga fjær bakka en smáir (Huges 2004). Fráveita skolps frá Selfossi nær rétt út fyrir bakka árinna og berst það sem frá henni kemur meðfram bakkanum. Fiskar eru afar lyktnæmir og geta með því greint ýmis uppleyst efni í vatni, en næmi þeirra er misjafnt eftir efnum. Þeir geta

greint styrk náttúrulegra efna (e: *natural chemical cues*) í allt að ppt kvarða (1 ng/l eða 10^{-12} g/l) (Belanger 2006). Styrkur margra snefilefna (Mn, Sr, As, Ba, Co, Ni, Zn, Pb og Mo) í vatnssýnum úr Ölfusá á stöð 540, neðan skolprásar við Geitanes, var 10–250% hærri en í sýni frá stöð 530, ofan skolprásar (kafla 4.2). Mest var aukningin á Ni (50%) og Zn (250%). Sýnt hefur verið fram á að fiskar hörfa verði þeir varir við mengandi efni, þrátt fyrir að styrkur þeirra sé mjög lágur (Thorstad 2008). Laxfiskar á hrygningargöngu eru ekki síður lyktæmir en aðrir fiskar enda er lyktarskynið mjög mikilvægt í leit þeirra að sinni heimaslóð (Döving 1992). Í stórum vatnakerfum geta laxar numið vatn frá sinni heimaá nokkur hundruð kílómetra neðan við ósa hennar og velja eftir því með hvorum bakkanum þeir ganga (Keefer o.fl. 2006). Litlar rannsóknir eru til um áhrif mengunar á hegðun laxa á hrygningargöngu upp ár. Þekkt er að laxar forðast kopar og sink við styrk sem er langt undir því sem veldur fiskdauða og dæmi eru um það að mjög lágur styrkur þessara málma hafi haft veruleg neikvæð áhrif á lax á hrygningargöngu (Saunders og Sprague 1967). Áhrifaþættir sem geta haft áhrif á lyktarskyn fullvaxta laxa geta gert það að verkum að þeir finna síður sína heimaá (Scholz o.fl. 2000) og truflað lyktarbundið atferli við hrygningu (Moore o.fl. 2013).

Með tilvísun í það sem að framan greinir, eru líkur á því að lax á uppgöngu forðist að ganga í menguðu vatni, þótt ekki verði skorið úr um það með óyggjandi hætti. Innrennsli á menguðu vatni úr skolprásinni frá byggð á Selfossi gæti valdið því að laxar sem ganga upp Ölfusá velji að ganga fjær landi en ella og valdi þar af leiðandi minni veiði á þeim jörðum í Ölfusá sem eru neðan við skolprásina. Til viðbótar er sú staðreynd að dregið hefur úr sókn vegna þess að veiðimöguleikar hafa minnkað og vegna minnkandi áhuga ábúanda á bökkum Ölfusár á að nýta fisk úr skolpmenguðu árvatninu. Þá hefur minni framleiðsla seiða á svæðinu neðan skolplossunar einnig meðvirkandi áhrif.

6. Lokaorð

Í þessari skýrslu hafa verið raktar niðurstöður rannsókna á efnasamsetningu og lífríki (fiskar, þörungar og hryggleysingar) Ölfusár sem fór fram í nóvember 2017, auk niðurstaðna úr eldri rannsóknum. Þessi rannsókn miðaði fyrst og fremst við að svara því hver áhrif núverandi fráveitu á Selfossi (núllkosta) á styrk uppleystra efna, vatnalífríki og veiðinýtingu í Ölfusá væru. Niðurstöður rannsóknarinnar benda til þess að mengun frá aðalskolprás frá byggð og atvinnustarfsemi á Selfossi hafi áhrif á efnastyrk í ánni og ástand lífríkis Ölfusár, fiskgöngur og veiði. Áhrifin á lífríkið koma fram á stöð 540, neðan skolprásar við Geitnes, en ekki er hægt að fullyrða neitt um hve langt niður eftir ánni áhrif af fráveitunni ná. Til að svara því þyrfti frekari sýnasöfnun meðfram bakkanum neðan skolprásarinnar. Helstu áhrif af losun skolps í Ölfusá eru aukinn styrkur næringarefna og margra aðal- og snefilefna (Na, K, Ca, Mg, SO₄, Cl, F, Mn og Sr), minni lífmassi þörungar og blábaktería (blaðgræna), minni fjölbreytileiki grænþörungar og blábaktería auk minni þéttleika kísilþörungar. Fjölbreytileiki kísilþörungar var svipaður ofan og neðan skolprásar. Fráveituvatn úr skolprásinni hefur áhrif á botnlæga hryggleysingja sem lýsir sér helst í meiri fjölbreytileika en minni þéttleika rykmýs, og auknum þéttleika ána neðan skolprásar. Á árunum 1985–2017 hefur seiðapétteleiki laxfiska lækkað á rafveiðistöðum í Ölfusá, bæði ofan og neðan skolprásar. Mest er minnkunin á þéttleika laxaseiða neðan skolprásar en hún er ríflega tvöfalt meiri en á rafveiðistöðvum ofan hennar. Neðan skolprásar hefur hlutfallslegur þéttleiki urrðaseiða hins vegar aukist. Líkur eru leiddar að því að skolplosun hafi valdið minni laxveiði á jörðum í Ölfusá neðan við skolprásina.

Ásamt því að leita svara við áhrifum núverandi skolplosunar í Ölfusá var, að ósk verkbeiðanda, leitast við að svara hvaða áhrif fyrirhuguð framkvæmd hefði á vatnsgæði og lífríki árinna ef eftirfarandi valkostir yrðu fyrir valinu: b) bygging á eins þreps hreinsistöð við Sandvík með útrás í Ölfusá, c) bygging á tveggja þrepa hreinsistöð við Sandvík með útrás í Ölfusá, d) bygging hreinsistöðvar með ítarlegri hreinsun en tveggja þrepa við Sandvík með útrás í Ölfusá og e) bygging á grófhreinsistöð við Sandvík og dæla skolpi um lögn með Eyrarbakka- og áfram út í sjó við Eyrarbakka- höfn.

Ölfusá uppfyllir ekki skilyrði um að geta talist síður viðkvæmur viðtaki þar sem hún er ferskvatn (Mannvit 2014). Hins vegar hefur Ölfusá heldur ekki verið skilgreind sem viðkvæmur viðtaki, en undir þá flokkun falla ferskvatnsviðtakar sem gætu orðið fyrir áhrifum mengunar af völdum næringarefna vegna skolplosunar (reglugerð 798/1999). Samkvæmt reglugerð 798/1999 er ekki krafist frekari hreinsunar en tveggja þrepa í viðtaka sem ekki hefur verið skilgreindur sem viðkvæmur (gr. 21.2). Því er ekki gerð krafa um frekari hreinsun en tveggja þrepa í venjulegan viðtaka eins og Ölfusá (sjá einnig Umhverfisstofnun 2017).

Eins þreps hreinsun byggir á því að gróft efni í sviflausn er látið botnfalla eða það síað frá skolpinu áður en fráveituvatnið er losað í viðtaka. Samkvæmt reglugerð 798/1999 um fráveitur

og skólþ, þarf hreinsunin að vera nægileg til að hreinsa 50% af svifögnum úr skolpi og lækka líffræðilega súrefnisþörf (BOD_5) um 20%. Mælingar á líffræðilegri súrefnisþörf (BOD) eru notaðar til að meta árangur skolphreinsunar, en hún minnkar við hreinsun lífræns efnis úr skolpinu. Líffræðileg súrefnisþörf (BOD_5) er að meðaltali 204 mg/l í brunni S19 sem er á skolprörinu við Geitanes (Mannvit 2017b). Lækkun BOD_5 um 20%, eins og segir að eins þreps hreinsun þurfi að leiða til í reglugerð 798/1999, myndi lækka BOD_5 í 163 mg/l í brunni S19. Það er hærra en leyfileg losunarmörk á BOD (25 mg/l $\pm$ 100%) í hreinsuðu skolpi og er því ekki nægileg hreinsun samkvæmt reglugerðinni.

Tveggja þrepa hreinsun er frekari hreinsun skolps en eins þreps hreinsun. Hún felur oftast í sér líffræðilega hreinsun sem er fylgt eftir með botnfellingu lífræns efnis (reglugerð 798/1999). Í því ferli eru loftháðar örverur oftast notaðar til að brjóta niður lífrænt efni í seyrinni sem kemst í gegn um fyrsta stig hreinsunina. Niðurbrotið lífrænt efni botnfellur í safntankinum og því verður styrkur lífræns efnis minni í því skolpvatni sem losað er í viðtakann eftir tveggja þrepa hreinsun en eftir eins þreps hreinsun. Söfnun seyrur er áhrifamikill þáttur í að fjarlægja örplast úr skolpi, en það er málefni sem fengið hefur aukna athygli undanfarið, þar sem vitneskja eykst sífellt um umhverfisvandamál af völdum örplasts. Líkur eru á að ekki verði langt þar til gerðar verða kröfur um hreinsun á örplasti úr fráveituvatni. Þessi aðferð verður hins vegar ekki notuð við skolphreinsun á Selfossi þar sem hún er ekki talin vera heppileg sökum mikils vatns sem er í fráveitukerfinu, og eins vegna þess hve kostnaðarsöm hún er. Sú aðferð sem gert er ráð fyrir að nota við skolphreinsun á Selfossi er byggð upp á aflrænni síun í nokkrum þrepum, með sífellt fínri möskvastærð, og byggist á aðferð sem hefur verið í hraðri þróun og er m.a. notuð í Noregi (skv. upplýsingum frá EFLU verkfræðistofu). Markmiðið með síuninni er að lækka styrk svifagna um meira en 90% og lífræns efnis um meira en 70%, sem eru kröfur sem gerðar eru um tveggja þrepa hreinsun. Líklegt er að þessi aðferð nái einnig að fanga örplast úr skolpvatninu en hún lækkar hins vegar ekki styrk uppleystra næringarefna líkt og gerist þegar loftháðar örverur eru notaðar til að brjóta niður lífrænt efni.

Efnagreiningar á vatni úr skolpröri við Geitanes sýndu að styrkur næringarefna og lífræns kolefnis var hár í skolpinu. Reikningar á framburði fosfórs um skolprörið við Geitanes, þar sem styrkur P-total í skolprörinu (180 $\mu\text{mol/l}$; tafla 1) var notaður ásamt mældu rennsli í skolprörinu (0,38 m^3/s ; Mannvit 2013) leiðir í ljós að 67 tonn af P berast árlega um skolprörið, eða 53% af heildarframburði fosfórs (P-total) Ölfusár við Ölfusárbrú (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2018), sem er náttúrlegur/nær-náttúrlegur framburður vetnsfallsins. Ef gert er ráð fyrir minna rennsli við reikningana minnkar framburðurinn sem nemur rennslisminnkuninni; rennsli upp á 0,2 m^3/s auk mælds styrks P-total (180 $\mu\text{mol/l}$) í skolprörinu gefa t.d. 35 tonn P/ári sem er 27% af heildarframburði Ölfusár við Ölfusárbrú. Það er því ljóst að skolpið sem rennur í Ölfusá eykur verulega við framburð fosfórs með ánni.

Fosfór er það uppleysta efni sem hefur hlutfallslega mest áhrif neðan við skolprásina þar sem það hækkar styrk Ölfusár á stöð 540 verulega, þannig að það fellur í flokk E (ófullnægjandi ástand) skv. reglugerð 796/1999 um varnir gegn mengun vatns. Fosfór, ásamt köfnunarefni, er einnig það efni sem hefur einna mest áhrif á lífríki þar sem þau eru næringarefni sem frumframleiðandi lífverur þarfnast í hve mestu magni. Þynning skolpsins 500–1000 falt myndi nægja til að styrkur fosfórs í skolpvatninu yrði ekki meiri en svo að hann félli í flokk B, sem skilgreint er sem styrkur sem hefur lítil áhrif á lífríki. Ekki eru miklar líkur á því að uppleystur fosfór úr Ölfusá falli í flokk A þar sem styrkur fosfórs í Ölfusá er tiltölulega hár frá náttúrunnar hendi, en jökulár eru þekktar fyrir háan styrk fosfórs í lausn. Meðalrennsli Ölfusár er 380 m³/s sem er um 1000 sinnum hærri en rennsli um skolprörið við Geitanes og staðalfrávikíð á rennsli um 100 m³/s. Lágrennsli árinna er um 200 m³/s sem er um 500 sinnum hærri en rennsli um skolprörið. Lágrennsli árinna á sér stað á vetrum þegar jökulbráð er lítil/engin. Þar sem rennsli Ölfusár er 500–1000 sinnum meira en í skolprörinu má leiða að því líkur að skolpvatn sem hefur farið í gegn um eins og tveggja þrepa hreinsun náði að þynnast fljótt í Ölfusá ef því er dælt út í miðjan vatnsflaum árinna þar sem megnið af vatninu streymir.

Niðurbrot lífrænna efna í seyrri með tveggja þrepa hreinsun mun minnka magn rotnandi lífræns efnis í Ölfusá og þar með líffræðilega súrefnisþörf (BOD) í vatninu sem gæti þá fallið innan leyfilegra losunarmarka skv. reglugerð 798/1999. Örverur brjóta niður lífrænar agnir og nýta sér þau næringarefni sem í þeim eru auk þess sem þær geta tekið næringarefni beint úr lausn og geta því lækkað styrk aðgengilegra næringarefna í því vatni sem rennur í viðtakann. Mikilvægt er að þeim lífmassa (örveruflóru) sem myndast í söfnunartanki við niðurbrot seyrunnar sé safnað og að hann nái ekki að renna frá tankinum, því annars mun nýmyndað lífrænt efni berast áfram niður í viðtakann og valda áframhaldandi álagi.

Tryggja þarf að þéttleiki saurbaktería verði undir umhverfismörkum í viðtakanum eftir losun á hreinsuðu skolpi. Í fylgiskjali 2 í reglugerð 798/1999 kemur fram að fjöldi saurgerla skuli vera undir 100 í 100 ml af sýni á útivistarsvæðum eða þar sem matvælaíðnaður er í grennd, eins og á við í tilviki Ölfusár, auk þess sem áin hefur verið nýtt til öflunar matfisks. Ekki er fyrirséð að eins- og/eða tveggja þrepa hreinsun muni minnka gerlamengun í skolpinu en það væri hægt með frekari hreinsun en tveggja þrepa, s.s. með geislun. Mælingar á gerlamengun í Ölfusá í sýnum sem safnað var frá 2014–2017 við golfvöllinn á Selfossi og við Flugunes (88 sýni frá hvorum stað) hefur leitt í ljós að þéttleiki gerla við golfvöllinn var í öllum tilvikum minni en 100 gerlar í 100 ml af sýni (að meðaltali 14) en í 34% sýnanna sem safnað var við Flugunes var þéttleikinn yfir þeim mörkum (að meðaltali 174) (Mannvit 2017b). Flugunes er um 2 km neðan við skolprásina við Geitanes en golfvöllurinn er ofan við byggðina á Selfossi. Fjöldi saurgerla hefur verið mældur í brunni S19 og sólarhringsmeðaltal reyndist vera um 190 þúsund gerlar/100 ml (Mannvit 2017b). Það er því ljóst að þynning gerla í skolpvatninu við dælingu í

Ölfusá er mikil, en ef miðað er við gögn frá Flugunesi, ekki nægileg til að standa fullkomlega undir kröfum reglugerðar um fráveitur og skolp á öllum tímum.

Flutningur skolpröráðsárinna út í meginál árinna mun færa skolpmengun frá bökkum Ölfusár og þar með hraða þynningu skolpsins, en þynning þvert á rennslisstefnu árinna er hæg eins og sést vel á þeim gerlamælingum sem hafa farið fram (Mannvit 2013, 2017a og b).

Hvort sem um væri að ræða hreinsun skolps með eins þreps eða tveggja þrepa (eða frekari hreinsun skolps) áður en því er dælt í Ölfusá myndi það án nokkurs vafa bæta ástand lífríkis í viðtakanum til muna þar sem minna verður af lífrænum og ólífrænum setflutningi frá skolpi sem hefur áhrif á botn árinna og virðist hindra vöxt ýmissa botnlægra lífveruhópa með bakkanum neðan skolprörsins. Minni setmyndun gæti leitt til þess að botnfastir þörungar, blábakteríur og lífverur eins og vorflugur gætu þrífist á botninum líkt og ofan við skolprásina. Auk þess myndi hreinsun skolps draga úr lífrænu mengunarálagi og þar með minnka rotnun á botni árinna, sem myndi aftur draga úr þéttleika lífvera sem lifa á rotnandi efni og þola vel súrefnissnauð umhverfi líkt og ána gera. Tveggja og þriggja þrepa hreinsun myndi auk þess draga úr framburði næringarefna til árinna og þar með minnka hættu á óæskilegum þörungagróðri neðan við skolprásina. Dæling skolps út í meginál árinna myndi hraða þynningu skolpsins og þar með myndi styrkur mengandi efna og saurgerla minnka hraðar en nú er. Þar með myndi losun skolps í Ölfusá ekki hafa eins mikil áhrif á lífríki. Losun á hreinsuðu skolpi um rás sem nærði út í meginál árinna myndi líklega einnig bæta skilyrði fyrir göngu laxfiska upp Ölfusá frá því sem nú er, þar sem fiskur, sem gengur oft upp nálægt bökkum árinna, notar lyktarskynið við rötun. Fiskurinn forðast mengað vatn þótt styrkur mengandi efna í vatninu sé langt undir þeim styrk sem veldur dauða fiska.

Bygging á grófhreinsistöð við Sandvík og dæling skolps um lögn með Eyrarbakka og áfram út í sjó við Eyrarbakka höfn er einn af þeim valkostum (d) sem komið hafa til tals varðandi byggingu á fráveitukerfi á Selfossi. Sú leið krefst þess að skolpi verði dælt niður á nokkurt sjávardýpi til þess að blöndun verði sem best. Gera má ráð fyrir að þokkalegt blöndunardýpi sé á um 25–30 m dýpi, sem er svipað dýpi og er við útrás vestur af Reykjavík. Ef farið er út frá landi nokkuð austan við Eyrarbakka næst þetta dýpi nær landi en ef farið er vestan megin við Eyrarbakka, en þar þarf að fara 1,5–2 km frá landi til að komast á meira en 25 m dýpi. Á þessum slóðum er meðalstraumur vestur með landinu en straumur er afar breytilegur ef vindar blása kröftuglega með tilheyrandi öldugangi og brimi. Ekki er líklegt að fráveituvatn sem dælt yrði á nægilegt blöndunardýpi, eftir eins þreps hreinsun, hefði neikvæð áhrif á efnastyrk eða lífríki sjávarins. Til að fullyrða nokkuð frekar um þennan valkost þyrfti að gera dýptar- og straumamælingar á svæðinu. Dæling á öllu skolpi um lögn og útrás í sjó myndi koma í veg fyrir að fyrrgreind neikvæð áhrif kæmu fram á vatnsgæðum, lífríki og veiðinýtingu í Ölfusá.

Hvernig sem staðið verður að framkvæmdum við uppbyggingu á fráveitu á Selfossi, er mikilvægt að fylgjast með framvindu lífríkis, efnastyrk, gerlamengun, veiðipróun og aðstæðum til veiðinýtingar eftir að framkvæmdum líkur.

Heimildir

- Airoidi, L. (2003). The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 41, 161–236.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. og Furse, M.T. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running water sites. *Water Research* 17, 333–347.
- Árni Hjartarson. (1988). „Þjórsárhraunið mikla - stærsta nútímahraun jarðar“. Náttúrufræðingurinn 58, 1–16.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J. og Stribling, J.B. (1999). *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Önnur útgáfa. Environmental Protection Agency. EPA 841-B-99-002.
- Belanger, R.M., Corcum, L.D, Li, W. og Zielinski, B.S. (2006). Olfactory sensory input increases gill ventilation in male round gobies (*Neogobius melanostomus*) during exposure to steroids. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology* 144, 196–202.
- Bellinger, E. G. og Sigeo, D.C. (2015). *Freshwater algae. Identification, enumeration and use as bioindicators*. Önnur útgáfa. Bls 113–114.
- Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir. (2012). *Fisk- og smádyrarannsóknir í Hólmsá 2011*. Veiðimálastofnun VMST/12012; LV-2012-105; ORK 1209: 24 bls.
- Brinkhurst R.O. (1965). Observations on the recovery of a British river from gross organic pollution. *Hydrobiologia* 25, 9–51.
- Cranston, P. S. (1982). *A key to larvae of the British Orthocladinae (Chironomidae)*. Freshwater Biological Association Scientific Publication. Útgáfa 45. 152 bls.
- Döving, K. (1992). Laxevandring. Í: Döving, K. og Reimers, E. (ritstjórar), *Fiskens fysiologi*, bls. 315–327. John Grieg forlag, Stavanger.
- Eydis Salome Eiríksdóttir, Oelkers E.H., Jörunn Hardardóttir og Sigurdur Reynir Gíslason. (2017). The impact of damming on riverine fluxes to the ocean: A case study from Eastern Iceland. *Water Research* 113, 124–138.
- Finnur Guðmundsson og Geir Gígja. (1941). *Vatnakerfi Ölfusár - Hvítár*. Atvinnudeild Háskólans. Rit fiskideildar Nr. 1, 51–53.
- Friðþjófur Árnason, Þórólfur Antonsson og Sigurður M. Einarsson. (2005). Evaluation of single-pass electric fishing to detect changes in population size of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) juveniles. *Icel. Agr. Sci.* 18, 67–73.
- Fish, F. E. (2010). Swimming strategies for energy economy. Í: Domenici P. og Kapoor B.G. (ritstjórar). *Fish Locomotion. An eco-ethological perspective*. Bls 90–122. Science Publishers, Plymouth.
- Giang, P.T., Sakalli S., Fedorova G., Tilami S. K., Bakal T., Najmanova L., Grabicova K., Kolarova J., Sampels S., Zamaratskaia G., Randak og Zlabek V. (2018). Biomarker response, health indicators, and intestinal microbiome composition in wild brown trout (*Salmo trutta* m. *fario* L.) exposed to a sewage treatment plant effluent-dominated stream. *Science of The Total Environment* 625, 1494–1509.
- Gísli Már Gíslason. (1980). *Áhrif mengunar á dýralíf í varmám*. Náttúrufræðingurinn 50 (1), 35–45.
- Guðni Guðbergsson og Þórólfur Antonsson. (1996). *Fiskar í ám og vötnum*. Landvernd, 191 bls.
- Halldór Ármannsson, Helgi R. Magnússon, Pétur Sigurðsson og Sigurjón Rist. (1973). *Efnarannsókn vatna. Vatnasvið Hvítár-Ölfusár; einnig Þjórsár við Urriðafoss*: Orkustofnun, OS - RI, Reykjavík, 28 bls.
- Hendry, K. og Cragg-Hine, D. (2003). Ecology of the Atlantic Salmon. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series* No. 7. English Nature, Peterborough, 32 bls.
- Hilmar Björn Hróðmarsson, Njáll Fannar Reynisson og Ólafur Freyr Gíslason. (2009). *Flóð Íslenskra vatnsfalla – flóðagreining og rennslisstaða*. Veðurstofa Íslands, VÍ 2009-001, 99 bls.

- Hinch, S.G., Standen, E.M., Healey, M. C. og Farell, A.P. (2002). Swimming patterns and behaviour of upriver-migrating adult pink (*Oncorhynchus gorbuscha*) and sockeye (*O. nerka*) salmon as assessed by EMG telemetry in the Fraser River, British Columbia, Canada. *Hydrobiologia* 483, 147–160.
- Hofmann, G., Werum, M. og Lange-Bertalot, H. (2013). *Diatomeen im Süßwasser - Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie*. 2. útgáfa. Koeltz Scientific Books, Königstein, 908 bls.
- Huber, S., Remberger, M., Goetsch, A., Davanger, K., Kaj, L., Herzke, D., Schlabach, M., Jörundsdóttir, H.Ó., Vester, J., Arnórsson, M., Mortensen, I., Swartson, R. og Dam, M. (2013). *Pharmaceuticals and additives in personal care products as environmental pollutants – Faroe Islands, Iceland and Greenland*. ISBN 978-92-893-2561-5, <http://dx.doi.org/10.6027/TN2013-541>, TemaNord 2013:541, Nordic Council of Ministers, 149 bls.
- Huges, N.F. (2004). The wave-drag hypothesis: an explanation for size-based lateral segregation during the upstream migration of salmonids. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 61, 103–109.
- Jón Ágúst Jónsson, Sólrún Svava Skúladóttir og Bárður Árnason. (2017). *Hreinsistöð fráveitu á Selfossi. Drög að tillögu að matsáætlun*. 44 bls.
- Jón S. Ólafsson, Gróa Valgerður Ingimundardóttir, Iris Hansen og Sesselja G. Sigurðardóttir. (2010). *Smádyralíf í afrennslisvatni frá háhitasvæðum við Kröflu, Ölkelduháls og í Miðdal í Henglinum*. Veiðimálastofnun VMST/10019, 66 bls.
- Jón S. Ólafsson, Hákon Adalsteinsson, Gísli M. Gíslason, Iris Hansen og Thora Hrafnadóttir. (2002). Spatial heterogeneity in lotic chironomids and simuliids in relation to catchment characteristics in Iceland. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 28, 157–163.
- Keefer, M.L., Caudill, C.C., Peery, C.A. og Bjornn, T.C. (2006). Route selection in a large river during the homing migration of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63, 1752–1762.
- Krammer, K. og Lange-Bertalot, H. (1997a). *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1* (ritstj. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying og D. Mollenhauer). (Óbreytt endurpöntun frá 2007 á endurskoðaðri útgáfu frá 1997). Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, 876 bls.
- Krammer, K. og Lange-Bertalot, H. (1997b). *Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/2* (ritstj. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying og D. Mollenhauer). (Óbreytt endurpöntun frá 2007 á endurskoðaðri útgáfu frá 1997). Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, 610 bls.
- Krammer, K. og Lange-Bertalot, H. (2004a). *Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/3* (ritstj. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying og D. Mollenhauer). (Endurskoðuð útgáfa). Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, 598 bls.
- Krammer, K. og Lange-Bertalot, H. (2004b). *Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4* (ritstj. H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heying og D. Mollenhauer). (Endurskoðuð útgáfa). Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, Berlin, 468 bls.
- Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula sensu stricto. 10 Genera separated from Navicula sensu lato. Frustulia. Diatoms of Europe: diatoms of the European inland waters and comparable habitats*. Vol. 2. A.R.G. Gantner Verlag. K.G., Ruggell, 526 bls.
- Larsson, D.G.J., Adolfsson-Erici, M., Parkkonen, J., Pettersson, M., Berg, A.H., Olsson, P.-E. og Förlin, L. (1999). Ethinylloestradiol – an undesired fish contraceptive. *Aquatic Toxicology* 45, 91–97.
- Madsen, S.S., Skovbølling, S., Nielsen, C. og Korsgaard, B. (2004). 17-β Estradiol and 4-nonylphenol delay smolt development and downstream migration in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquatic Toxicology* 68, 109–120.
- Magnús Jóhannsson. (1991). *Tilraunaveiði á laxi á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár 1989 og 1990*. Veiðimálastofnun, VMST-S/91004: 7 bls.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir og Jón S. Ólafsson. (2015). *Stóra-Laxá í Hreppum. Vatnalíf, veiðinytjar og virkjun*. Veiðimálastofnun VMST/15011; LV-2015-128, 81 bls.

Magnús Jóhannsson, Guðni Guðbergsson og Jón S. Ólafsson. (2011). *Lífriki Sogs. Samantekt og greining á gögnum frá árunum 1985–2008*. Veiðimálastofnun VMST/11049; LV-2011/089, 112 bls.

Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson. (2012a). *Fiskrannsóknir og veiði á vatnasvæði Ölfusár-Hvítár*. Veiðimálastofnun VMST/12037, 36 bls.

Magnús Jóhannsson og Sigurður Guðjónsson. (2012b). *Mat á búsvæðum laxfiska í Ölfusá*. Veiðimálastofnun VMST/12038, 21 bls.

Magurran, A.E. (2002). Biological diversity. *Current biology* 15 (4), 116–118.

Mannvit. (2013). *Efnamengun og rennsli í október 2013. Fráveita Árborgar – Skilgreining viðtaka*. Skýrsla með mæliniðurstöðum. Reykjavík, MV-2013-055. 33 bls.

Mannvit. (2014). *Skilgreining Ölfusár sem viðtaka – áfangaskýrsla mars 2014*. Unnið fyrir Sveitarfélagið Árborg. Mannvit, MV-2013-060.

Mannvit. (2017a). *Vöktun gerlamagns og efnainnihalds fráveituvatns á Selfossi 27. -28. Febrúar 2017*. MV-2017-009, 16 bls.

Mannvit. (2017b). *Vöktun gerlamagns og efnainnihalds fráveituvatns á Selfossi 4.- 5. september 2017*. MV-2017-013, 12 bls.

Moore, A., Privitera, L. og Riley, W.D. (2013). The behavior and physiology of migrating Atlantic salmon. Í Ueda, H. og Tsukamoto, K. (ritstj.) *Physiology and Ecology of Fish Migration* (bls. 28–55). CRC Press

Moller Pillot, H. K.M. (2013). *Chironomidae Larvae. Biology and Ecology of the aquatic Orthocladinae*. KNNV publishing. ISBN 978-90-5011-4592. 312 bls.

Peinador, M. (1999). Cyanobacteria as indicators of organic contamination. *Rev Biol Trop.* 47(3), 381–391.

Reglugerð 796/1999. *Reglugerð um varnir gegn mengun vatns*. Umhverfissráðuneyti, Reykjavík

Reglugerð 798/1999. *Reglugerð um fráveitur og skólp*. Umhverfissráðuneyti, Reykjavík.

Rodriguez, P. og Reynoldson, T. B. (2011). *The Pollution Biology of Aquatic Oligochaetes*. Springer. ISBN 978-94-007-1718-3.

Sandlund, O.T. (ritstj.), Bergan, M.A., Brabrand, Å., Diserud, O., Fjeldstad, H.-P., Gausen, D., Halleraker, J.H., Haugen, T., Hegge, O., Helland, I.P., Hesthagen, T., Nøst, T., Pulg, U., Rustadbakken, A. og Sandøy, S. (2013). *Vannforskriften og fisk – forslag til klassifiseringssystem*. Miljødirektoratets Rapport M 22-2013. Miljødirektoratet, skýrsla M22-2013, 60 bls.

Saunders, R.L. og Sprague, J.B. (1967). Effects of copper-zinc mining pollution on a spawning migration of atlantic salmon. *Water Research* 1, 419–432.

Scheffer, M. (2004). *Ecology of shallow lakes*. Springer Science and Business Media. 125 bls.

Schmid, P.E. (1993). A key to the larval Chironomidae and their instars from Austrian Danube region, streams and rivers with particular reference to a numerical taxonomic approach. Part I, Diamesinae, Prodiamesinae and Orthocladinae. *Wasser und Abwasser*, suppl. 3/93. Federal Institute for water quality in Wien – Kaisermühlen. 514 bls.

Scholz, N.L., Truelove, N.K., French, B.L., Berejikian, B.A., Quinn, T.P., Casillas, E. og Collier, T.K. (2000). Diazinon disrupts antipredator and homing behaviors in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 1911–1918.

Scott, G. R. og Sloman, K. A. (2004). The effect of environmental pollutants on complex fish behaviour: integrating behavioural and physiological indicators of toxicity. *Aquatic Toxicology* 68, 369–392.

Sigríður Magnea Oskarsdóttir, Sigurdur Reynir Gíslason, Arni Snorrason, Stefanía Guðrún Halldorsdóttir og Gudrun Gísladóttir. (2011). Spatial distribution of dissolved constituents in Icelandic river waters. *Journal of Hydrology* 397, 175 – 190.

Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Bergur Sigfússon, Sverrir Óskar Elefsen, Jórunn Harðardóttir, Ásgeir Gunnarsson og Peter Torssander. (2003). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður*

straumvatna á Suðurlandi, VI. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnnunar. RH-03-2003, Raunvísindastofnunar Háskólans, Reykjavík. 85 bls.

Sigurður Reynir Gíslason, Deirdre Clark, Svava Björk Þorlákssdóttir, Jórunn Harðardóttir og Eydís Salome Eiríksdóttir. (2018). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Suðurlandi XX. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar*. RH-10-2018. Skýrsla Raunvísindastofnunar Háskólans, Reykjavík. 67 bls.

Sigurður Pétursson. (1979). *Gerlarannsóknir á vatni Ölfusár og ánnu á vatnasvæði Hvítár 18. júlí 1979*. Reykjavík, 13 bls.

Sigurjón Rist. (1974). *Efnarannsókn vatna. Vatnasvið Hvítár-Ölfusár; einnig Þjórsár við Urriðafoss*: Reykjavík, Orkustofnun, OSV7405, 29 bls.

Sigurjón Rist. (1990). *Vatns er þörf*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs, Reykjavík. 248 bls.

Smith, K.G.V. (1989). An introduction to the immature stages of British flies. Diptera larvae, with notes on eggs, puparia and pupae. Í: Handbook for the identification of British insects (ritstj. W.R. Dolling og R.R. Askew). Vol. 10, Part 14. Royal Entomological Society of London, London, England. 280 bls.

Steinman, A., Lambert, G.A. og Leavitt, P.R. (2006). Biomass and pigment of benthic algae. Í: Hauer, F.R. og Lamberti, G.A. (ritstjórar) *Methods in stream ecology*, 2. útgáfa, Academic Press, 357-379.

Sutela T., Orell P., Huusko Ari., Jaukkuri, M., Huusko, R., Mäki-Petäys A., og Erkinaro J. (2018). Vertical and horizontal distribution of ascending Atlantic salmon in power plant tailrace channels. *Fisheries Management and Ecology* 25, doi.org/10.1111/fme.12291

Thorstad, E. B., Ökland F., Aarestrup, K. og Heggberget, T.G. (2008). Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Rev. Fish. Biol. Fisheries* 18, 345-371.

Umhverfisstofnun. (2004). *Handbók um aðgerðaráætlanir og flokkun vatns*. Skýrsla Umhverfisstofnunar. Fjölrit nr. 2004:32. 27 bls.

Umhverfisstofnun. (2017). *Samantekt um stöðu fráveitumála á Íslandi árið 2014*. 47 bls.

Veðurstofa Íslands. (2018). <http://vmkerfi.vedur.is/vatn/index.html> (20. mars 2018).

Wiederholm. (1983). *Chironomidae of the Holarctic Region, Part 1: Larvae*. Entomological Society of Lund, Sweden. 457 bls.

Whitton, B. A., John, D. A. og Brook, A. J. (ritstjórar). (2011). *The freshwater algal flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae*. Önnur útgáfa. Cambridge University Press, UK, 686 bls.

Þóra Hrafnisdóttir. (2005). Diptera 2 (Chironomidae). *The Zoology of Iceland* III, 48b, 1–169.

Þórólfur Antonsson. (2000). *Verklýsing fyrir mat á búsvæðum seiða laxfiska í ám*. Veiðimálastofnun, VMSTR/0014, 8 bls.

Þórólfur Antonsson. (2015). *Fæða laxa- urriða og bleikjuseiða. Gögn úr Vesturdalsá, Hofsá og Selá í Vopnafirði og úr Elliðaám og Leirvogsá í Faxaflóa*. Veiðimálastofnun, VMST-S/15024, 21 bls.

Viðauki

Report

T1732822

Page 1 (4)

BLN8YI1GAB



Date received 2017-11-16
Issued 2017-11-27

Marine & Freshwater Research Ins.
Eydis Salome Eiríksdóttir

Skulagata 4
IS-401 Reykjavík
Iceland

Project
Reference

Analysis of water

Your ID	20171107-10:30					
Sampled	2017-11-07					
LabID	O10947778					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
nitrate nitrogen	0.023	0.00345	mg/l	1	1	AKR
nitrite nitrogen	0.0016	0.002	mg/l	1	1	AKR
ammonium+ammoniak-kväve	0.008	0.01	mg/l	1	1	AKR
N-tot	0.056	0.04	mg/l	1	1	AKR
phosphate phosphorus	0.008	0.004	mg/l	1	1	AKR
P-tot	0.014	0.006	mg/l	1	1	AKR
TOC	<0.50		mg/l	2	2	MB

Your ID	20171107-11:45					
Sampled	2017-11-07					
LabID	O10947779					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
nitrate nitrogen	0.020	0.003	mg/l	1	1	AKR
nitrite nitrogen	0.0016	0.002	mg/l	1	1	AKR
ammonium+ammoniak-kväve	0.006	0.01	mg/l	1	1	AKR
N-tot	0.026	0.04	mg/l	1	1	AKR
phosphate phosphorus	0.008	0.004	mg/l	1	1	AKR
P-tot	0.012	0.006	mg/l	1	1	AKR
TOC	<0.50		mg/l	2	2	MB

Your ID	20171107-12:45					
Sampled	2017-11-07					
LabID	O10947780					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
nitrate nitrogen	0.030	0.0045	mg/l	1	1	AKR
nitrite nitrogen	0.0030	0.002	mg/l	1	1	AKR
ammonium+ammoniak-kväve	0.062	0.01	mg/l	1	1	AKR
N-tot	0.20	0.04	mg/l	1	1	AKR
phosphate phosphorus	0.13	0.0104	mg/l	1	1	AKR
P-tot	0.16	0.016	mg/l	1	1	AKR
TOC	0.69	0.14	mg/l	2	2	MB

ALS Scandinavia AB
Box 700
182 17 Danderyd
Sweden

Web: www.alsglobal.se
E-mail: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

The document is approved and
digitally signed by

Anna-Karin Revell
ALS Scandinavia AB
Client Service
anna-karin.revell@alsglobal.com
2017.11.27 12:40:02

Report

T1732822

Page 2 (4)

BLN8Y11GAB



Your ID	20171107-13:45					
Sampled	2017-11-07					
LabID	O10947781					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
nitrate nitrogen	0.36	0.054	mg/l	1	1	AKR
nitrite nitrogen	0.083	0.0083	mg/l	1	1	AKR
ammonium+ammoniak-kväve	1.8	0.18	mg/l	1	1	AKR
N-tot	5.8	0.58	mg/l	1	1	AKR
phosphate phosphorus	4.2	0.338	mg/l	1	1	AKR
P-tot	4.8	0.48	mg/l	1	1	AKR
TOC	96.0	19.2	mg/l	2	2	MB

ALS Scandinavia AB
Box 700
182 17 Danderyd
Sweden

Web: www.alsglobal.se
E-mail: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

The document is approved and
digitally signed by

Anna-Karin Revell

ALS Scandinavia AB
Client Service
anna-karin.revell@alsglobal.com

2017.11.27 12:40:02

Report

T1732822

Page 3 (4)

BLN8Y11GAB



* indicates unaccredited analysis.

Method specification	
1	Determination of nutrients Nitrite nitrogen according to DS/EN ISO 11732:2005 Time between sampling and analysis is more than 24 hours. Nitrate and ammonium nitrogen according to internal method Total N according to DS/ISO 29441:2010 Total P och phosphate phosphorous according to DS/EN ISO 6878:2004. LOD at reported <-values. Rev 2017-02-07 D
2	Determination of TOC with IR detection according to method based on CSN EN 1484 and CSN EN 13370. The method includes filtration of turbid samples. Rev 2014-11-24

Approver	
AKR	Anna-Karin Revell
MB	Maria Bigner

Issuer ¹	
1	The analysis is provided by ALS Denmark A/S, Bakkegårdsvej 406 A, 3050 Humlebæk, Danmark which is a testing laboratory, accredited by the Danish accreditation body DANAK (Reg.nr. 05-0361)
2	The analysis is provided by ALS Laboratory Group, Na Harfě 9/336, 190 00, Prag 9, Czech Republic, which is a testing laboratory, accredited by the Czech accreditation body CAI (Reg.No 1163). CAI is a signatory to a MLA within EA, the same LA to which the Swedish accreditation body SWEDAC is also a signatory. The laboratories are located in; Prague, Na Harfě 9/336, 190 00, Praha 9, Česka Lipa, Bendlova 1687/7, 470 01 Česka Lipa, Pardubice, V Raji 906, 530 02 Pardubice. Contact the laboratory for further information.

The uncertainty is given as extended uncertainty (according to the definition in "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) calculated with a coverage factor of 2, which gives a confidence level of approximately 95%.

Measurement of uncertainty is reported only for detected substances with levels above the reporting limits.

The uncertainty from subcontractors is often given as extended uncertainty calculated with a coverage factor of 2. Contact the laboratory for further information.

This report may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

The results apply only to the material that has been identified, received, and tested.

Regarding the laboratory's liability in relation to assignment, please refer to our latest product catalogue or website <http://www.alsglobal.se>

¹ The technical unit within ALS Scandinavia where the analysis was carried out, alternatively the subcontractor for the analysis.

ALS Scandinavia AB
Box 700
182 17 Danderyd
Sweden

Web: www.alsglobal.se
E-mail: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

The document is approved and
digitally signed by

Anna-Karin Revell
2017.11.27 12:40:02
ALS Scandinavia AB
Client Service
anna-karin.revell@alsglobal.com

Report

Page 1 (6)



L1731151

BXTSM5T3CD



Date received 2017-11-20
Issued 2017-12-01

Marine & Freshwater Research Ins.
Eydis Salome Eiríksdóttir

Skulagata 4
IS-401 Reykjavík
Iceland

Project

Analysis: V2

Your ID	20171107-10:30 Ólfusá					
LabID	U11394005					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
Filtrated with 0,45µm before the analysis*	Nej			1	I	ASAP
Ca	4.92	0.41	mg/l	1	R	MJ
Fe	0.111	0.008	mg/l	1	R	MJ
K	0.634	0.047	mg/l	1	R	MJ
Mg	1.85	0.13	mg/l	1	R	MJ
Na	9.64	0.67	mg/l	1	R	MJ
Si	7.38	0.52	mg/l	1	R	MJ
Al	14.7	2.7	µg/l	1	H	NIPA
As	0.0582	0.0168	µg/l	1	H	NIPA
B	<10		µg/l	1	R	MJ
Ba	0.130	0.024	µg/l	1	H	NIPA
Cd	0.0538	0.0090	µg/l	1	H	NIPA
Co	0.0545	0.0120	µg/l	1	H	NIPA
Cr	0.572	0.111	µg/l	1	H	NIPA
Cu	0.269	0.055	µg/l	1	H	NIPA
Hg	<0.002		µg/l	1	F	EVRI
Mn	14.5	1.0	µg/l	1	R	MJ
Mo	0.265	0.051	µg/l	1	H	NIPA
Ni	0.178	0.057	µg/l	1	H	NIPA
P	10.3	2.1	µg/l	1	H	NIPA
Pb	0.0187	0.0044	µg/l	1	H	NIPA
Sr	7.15	0.75	µg/l	1	R	MJ
Ti*	1.12		µg/l	1	S	NIPA
V	13.8	2.6	µg/l	1	H	NIPA
Zn	0.668	0.169	µg/l	1	H	NIPA

ALS Scandinavia AB
Aurorum 10
977 75 Luleå
Sweden

Web: www.alsglobal.se
Email: info.lu@alsglobal.com
Tel: + 46 920 28 9900
Fax: + 46 920 28 9940

The document is approved and
digitally signed by

Kristina Berglund

2017.12.01 12:04:08

ALS Scandinavia AB
Client Service
kristina.berglund@alsglobal.com

Report

Page 2 (6)



L1731151

BXTSM5T3CD



Your ID	20171107-11:45 Ölfuså					
LabID	U11394008					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
Filtrated with 0,45µm before the analysis*	Nej			1	I	ASAP
Ca	4.80	0.39	mg/l	1	R	MJ
Fe	0.0344	0.0034	mg/l	1	R	MJ
K	0.646	0.068	mg/l	1	R	MJ
Mg	1.74	0.13	mg/l	1	R	MJ
Na	9.48	0.65	mg/l	1	R	MJ
Si	6.93	0.46	mg/l	1	R	MJ
Al	6.92	1.28	µg/l	1	H	NIPA
As	0.0577	0.0214	µg/l	1	H	NIPA
B	<10		µg/l	1	R	MJ
Ba	0.0971	0.0189	µg/l	1	H	NIPA
Cd	0.0311	0.0049	µg/l	1	H	NIPA
Co	0.0380	0.0074	µg/l	1	H	NIPA
Cr	0.575	0.106	µg/l	1	H	NIPA
Cu	0.215	0.050	µg/l	1	H	NIPA
Hg	<0.002		µg/l	1	F	EVRI
Mn	10.4	0.9	µg/l	1	R	MJ
Mo	0.250	0.046	µg/l	1	H	NIPA
Ni	0.0874	0.0355	µg/l	1	H	NIPA
P	9.17	1.79	µg/l	1	H	NIPA
Pb	0.0155	0.0036	µg/l	1	H	NIPA
Sr	6.59	0.70	µg/l	1	R	MJ
Ti*	0.144		µg/l	1	S	NIPA
V	14.6	2.7	µg/l	1	H	NIPA
Zn	0.274	0.121	µg/l	1	H	NIPA

ALS Scandinavia AB
Aurorum 10
977 75 Luleå
Sweden

Web: www.alsglobal.se
Email: info.lu@alsglobal.com
Tel: + 46 920 28 9900
Fax: + 46 920 28 9940

The document is approved and
digitally signed by

Kristina Berglund

ALS Scandinavia AB
Client Service
kristina.berglund@alsglobal.com

2017.12.01 12:04:08

Report

Page 3 (6)



L1731151

BXTSM5T3CD



Your ID	20171107-12:45 Ölfuså					
LabID	U11394007					
Analysis	Results	Uncertainty (±)	Unit	Method	Issuer	Sign
Filtrated with 0,45µm before the analysis*	Nej			1	I	ASAP
Ca	5.25	0.42	mg/l	1	R	MJ
Fe	0.0268	0.0022	mg/l	1	R	MJ
K	1.00	0.09	mg/l	1	R	MJ
Mg	1.86	0.12	mg/l	1	R	MJ
Na	11.1	0.8	mg/l	1	R	MJ
Si	7.25	0.48	mg/l	1	R	MJ
Al	4.95	0.96	µg/l	1	H	NIPA
As	0.0690	0.0167	µg/l	1	H	NIPA
B	<10		µg/l	1	R	MJ
Ba	0.144	0.027	µg/l	1	H	NIPA
Cd	0.0226	0.0040	µg/l	1	H	NIPA
Co	0.0515	0.0100	µg/l	1	H	NIPA
Cr	0.473	0.089	µg/l	1	H	NIPA
Cu	0.184	0.043	µg/l	1	H	NIPA
Hg	<0.002		µg/l	1	F	EVRI
Mn	13.8	1.0	µg/l	1	R	MJ
Mo	0.323	0.059	µg/l	1	H	NIPA
Ni	0.129	0.037	µg/l	1	H	NIPA
P	152	30	µg/l	1	H	NIPA
Pb	0.0172	0.0039	µg/l	1	H	NIPA
Sr	7.63	0.81	µg/l	1	R	MJ
Ti*	0.0826		µg/l	1	S	NIPA
V	13.8	2.7	µg/l	1	H	NIPA
Zn	0.676	0.173	µg/l	1	H	NIPA

ALS Scandinavia AB
Aurorum 10
977 75 Luleå
Sweden

Web: www.alsglobal.se
Email: info.lu@alsglobal.com
Tel: + 46 920 28 9900
Fax: + 46 920 28 9940

The document is approved and
digitally signed by

Kristina Berglund
2017.12.01 12:04:08
ALS Scandinavia AB
Client Service
kristina.berglund@alsglobal.com

Report

Page 5 (6)



L1731151

BXTSM5T3CD



Method specification	
1	Analysis according to package V-2: Analysis of water samples without dissolution. When filtration has been performed, a filter of 0,45µm was used. For W an unacidified sample portion was analyzed. For other elements the samples were acidified with 1 ml ultra-high purity nitric acid per 100 ml. This does not apply to samples that were already acidic upon receipt by the laboratory. The ICP-SFMS analyses were carried out according to SS EN ISO 17294-1, 2 (modified) and US EPA Method 200.8 (modified). The ICP-AES analyses were carried out according to SS EN ISO 11885 (modified) and US EPA Method 200.7 (modified). The AFS analyses for Hg were carried out according to SS EN ISO 17852. Note that limits of reporting may be affected if, e.g. additional dilution was required because of matrix effects, or the sample quantity was limited.

Approver	
ASAP	Åsa Apelqvist
EVRI	Evy Rickefors
MJ	Malin Johansson
NIPA	Nicola Pallavicini

Issuer ¹	
F	AFS
H	ICP-SFMS
I	Man.Inm.
R	ICP-AES
S	ICP-SFMS

* indicates unaccredited analysis.

The uncertainty is given as extended uncertainty (according to the definition in "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) calculated with a coverage factor of 2, which gives a confidence level of approximately 95%.

Measurement of uncertainty is reported only for detected substances with levels above the reporting limits.

The uncertainty from subcontractors is often given as extended uncertainty calculated with a coverage factor of 2. Contact the laboratory for further information.

This report may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

The results apply only to the material that has been identified, received, and tested.

Regarding the laboratory's liability in relation to assignment, please refer to our latest product catalogue or website <http://www.alsglobal.se>

¹ The technical unit within ALS Scandinavia where the analysis was carried out, alternatively the subcontractor for the analysis.

ALS Scandinavia AB
Aurum 10
977 75 Luleå
Sweden

Web: www.alsglobal.se
Email: info.lu@alsglobal.com
Tel: + 46 920 28 9900
Fax: + 46 920 28 9940

The document is approved and
digitally signed by

Kristina Berglund
2017.12.01 12:04:08
ALS Scandinavia AB
Client Service
kristina.berglund@alsglobal.com

Estrogen steroid hormones analysis results



NILU sample number:

Customer: Marine and Freshwater Research Institute, Reykjavik (Eydis Salome Eiríksdóttir)

Type of sample: Fish (muscle tissue)

Measuring unit: **ng/g wet wt**

Sample ID	Sandvik 1	Sandvik 2	Sandvik 3	Sandvik 4	Sandvik 5	Sandvik 6	Selfoss 1	Selfoss 2	Selfoss 3	Selfoss 4	Selfoss 5	Selfoss 6
E1, Estrone	< 0,058	< 0,039	< 0,077	< 0,032	< 0,355	< 0,03	< 0,026	< 0,017	< 0,105	< 0,064	< 0,022	< 0,045
E2, Estradiol	< 0,017	< 0,042	< 0,055	< 0,017	< 0,055	< 0,015	< 0,025	< 0,014	< 0,072	< 0,035	< 0,028	< 0,032
EE2, Ethynylestradiol	< 0,03	< 0,03	< 0,026	< 0,025	< 0,034	< 0,013	< 0,019	< 0,023	< 0,026	< 0,035	< 0,03	< 0,023

< less than Limit of detection (the number represents the LOD value)

Report

T1735754

Page 1 (2)

G4GZHOA725



Date received 2017-12-07
Issued 2018-01-19

Marine & Freshwater Research Ins.
Eydis Salome Eiriksdoottir

Skulagata 4
IS-401 Reykjavik
Iceland

Project
Reference

Analysis of water

Your ID	20171107-12:45/40					
LabID	O10956979					
Analysis	Results	Uncertainty ($\pm$)	Unit	Method	Issuer	Sign
ethinylestradiol (17alfa-)	<0.050		ng/l	1	1	CL
estradiol (17beta-)	0.036	0.0054	ng/l	1	1	CL

Your ID	20171107-13:45					
LabID	O10956980					
Analysis	Results	Uncertainty ($\pm$)	Unit	Method	Issuer	Sign
ethinylestradiol (17alfa-)	0.090	0.014	ng/l	1	1	CL
estradiol (17beta-)	2.5	0.38	ng/l	1	1	CL

Your ID	20171104-12:30					
LabID	O10956981					
Analysis	Results	Uncertainty ($\pm$)	Unit	Method	Issuer	Sign
ethinylestradiol (17alfa-)	<0.050		ng/l	1	1	CL
estradiol (17beta-)	0.040	0.0060	ng/l	1	1	CL

ALS Scandinavia AB
Box 700
182 17 Danderyd
Sweden

Web: www.alsglobal.se
E-mail: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

The document is approved and
digitally signed by

Camilla Lundeberg
2018.01.19 16:39:36
ALS Scandinavia AB
Client Service
camilla.lundeberg@alsglobal.com

Report

T1735754

Page 2 (2)

G4GZHDA725



* indicates unaccredited analysis.

	Method specification
1	Determination of pharmaceutical residues. Measurement performed with GC-MS.

	Approver
CL	Camilla Lundeborg

	Issuer ¹
1	The analysis is provided by GBA, Flensburger Strasse 15, 25421 Pinneberg, Germany, which is a testing laboratory, accredited by the German accreditation body DAkkS (Reg.No.D-PL-14170-01-00). DAkkS is a signatory to a MLA within the EA, the same MLA to which the Swedish accreditation body SWEDAC is also a signatory. The Laboratories are located at following addresses: Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Daimlerring 37, 31135 Hildesheim, Brekkelbaumstraße1, 31789 Hameln, Bruchstraße 5c, 45883 Gelsenkirchen, Meißner Ring 3, 09599 Freiberg, Goldtschmidtstraße 5, 21073 Hamburg. Contact ALS Stockholm for further information.

The uncertainty is given as extended uncertainty (according to the definition in "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) calculated with a coverage factor of 2, which gives a confidence level of approximately 95%.

Measurement of uncertainty is reported only for detected substances with levels above the reporting limits.

The uncertainty from subcontractors is often given as extended uncertainty calculated with a coverage factor of 2. Contact the laboratory for further information.

This report may not be reproduced other than in full, except with the prior written approval of the issuing laboratory.

The results apply only to the material that has been identified, received, and tested.

Regarding the laboratory's liability in relation to assignment, please refer to our latest product catalogue or website <http://www.alsglobal.se>

The digitally signed PDF file represents the original report. Any printouts are to be considered as copies.

¹ The technical unit within ALS Scandinavia where the analysis was carried out, alternatively the subcontractor for the analysis.

ALS Scandinavia AB
Box 700
182 17 Danderyd
Sweden

Web: www.alsglobal.se
E-mail: info.ta@alsglobal.com
Tel: + 46 8 52 77 5200
Fax: + 46 8 768 3423

The document is approved and
digitally signed by

Camilla Lundeborg
2018.01.19 16:39:39
ALS Scandinavia AB
Client Service
camilla.lundeborg@alsglobal.com



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna