



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Vatnaflóki (*Didymosphenia geminata*)
í Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi 2016

Sigurður Óskar Helgason, Iris Hansen, Ingi Rúnar Jónsson og
Eydís Salome Eiríksdóttir

Vatnaflóki (*Didymosphenia geminata*)
í Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi 2016

Sigurður Óskar Helgason, Iris Hansen, Ingi Rúnar Jónsson og
Eydís Salome Eiríksdóttir

Upplýsingablað

Titill: Vatnaflóki (<i>Didymosphenia geminata</i>) í Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi 2016		
Höfundur: Sigurður Óskar Helgason, Iris Hansen, Ingi Rúnar Jónsson og Eydís Salome Eiríksdóttir		
Skýrsla nr: HV 2019-15	Verkefnisstjóri: Iris Hansen	Verknúmer: 9088
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 22	Útgáfudagur: 8. mars 2019
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: Opið	Yfirfarið af: Guðni Guðbergsson
Ágrip Sigurður Óskar Helgason, Iris Hansen, Ingi Rúnar Jónsson og Eydís Salome Eiríksdóttir. Vatnaflóki (<i>Didymosphenia geminata</i>) í Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi 2016. HV 2019-15. Kísilþörungurinn vatnaflóki (<i>Didymosphenia geminata</i>) var fyrst staðfestur hér á landi í Hvítá í Borgarfirðinum snemma á 10. áratuginum. Vatnaflóki breiddist hratt út um Ísland og talið er að útbreiðsla hans á milli vatnakerfa geti haft áhrif á og jafnvel breytt því lífríki sem fyrir er í ánum, enda hefur vatnaflóki verið skilgreindur sem ágeng tegund. Lítið er vitað um ástæður fyrir aukinni útbreiðslu vatnaflóka og hvaða umhverfispættir þurfi að vera til staðar til að hann verði ágengur. Í þessari rannsókn var ætlunin að skoða vatnaflóka í Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi, en tegundin hefur verið áberandi í Fossá en ekki er vitað til að hún hafi fundist í Dalsá. Árnar liggja á sama landsvæði og hafa sameiginlegan ós í Hvítá, nokkru ofan Brúarhlaða. Markmið verkefnisins var að rannsaka ástæður mismunandi vaxtar vatnaflóka í Fossá og Dalsá og hugsanleg áhrif hans á lífríkið. Mælingar umhverfispátta sýndu svipuð gildi í báðum ánum, en vatnshiti var örlítið hærri í Dalsá og vatnshæðabreytingar voru meiri í Fossá. Blábakteríur og kísilþörungar voru algengustu hópar frumframleiðenda í báðum ánum og fannst vatnaflóki einungis í Fossá. Af hryggleysingjum voru rykmýslirfur algengasti hópurinn, en í Dalsá fannst mikið af bitmýslirfum sem voru mun fátíðari í Fossá. Það veiddust 6 laxaseiði og 2 urriðaseiði í hvorri á, laxaseiðin voru ársgömul (1+) og tveggja ára (2+) en urriðaseiðin voru vorgömul (0+), ársgömul og tveggja ára. Niðurstöður rannsóknarinnar benda ekki til þess að vatnaflóki í Fossá hafi, sumarið 2016, haft bein áhrif á lífríki í ánni. Ekki tókst að svara þeim spurningum sem lagt var upp með, þ.e. hverjar væru ástæður fyrir auknum vexti vatnaflóka síðustu áratuga á Íslandi og hvað ræður útbreiðslu hans. Efnamælingar frá febrúar 2017 sýndu marktækt hærri styrk ammoníum (NH₄) í Fossá en í Dalsá, sem gæti skýrt að einhverju leyti að vatnaflóki vex í Fossá en ekki Dalsá.		

Abstract

Sigurður Óskar Helgason, Iris Hansen, Ingi Rúnar Jónsson og Eydís Salome Eiríksdóttir. Vatnaflóki (*Didymosphenia geminata*) í Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi 2016. HV 2019-15. *The presence of the diatom Didymosphenia geminata was first noted in Icelandic rivers in the early nineties, whereas it was found in the River Hvítá in west Iceland. The species has spread widely since the first finding of the diatom and potentially causes threats to the biota of uninvaded waters. The causes for increased distribution of the species mostly remains unknown. However, recent studies imply that alterations in physical and chemical parameters might help us understand the invasive behavior of D. geminata. The goal of this study was to investigate the reasons for increased distribution of D. geminata in Iceland along with evaluating the potential effects of the species on the biota of rivers. The study site consisted of two rivers neighboring (River Dalsá and River Fossá) in Hrunamannahreppur, south Iceland. Physical parameters were similar in both rivers, although water temperature was on average higher in Dalsá and water level showed higher fluctuations in Fossá. Cyanobacteria and diatoms were highest in abundance of all groups of periphyton. As predicted, Didymosphenia geminata was only present in the river Fossá. Benthic invertebrate communities mainly consisted of Chironomidae, Trichoptera and crustaceans. Simuliidae were more abundant in Dalsá than in Fossá. Electrofishing resulted in 6 juvenile salmon and 2 juvenile brown trout at each river. The reason for the presence of D. geminata in river Fossá and its absence in river Dalsá still remains unknown, although chemical analyses show significantly higher concentration of ammonia (NH₄) in River Fossá. Furthermore, the result of this study suggests that the presence of D. geminata at current period does not directly affect the communities of periphyton, benthic invertebrates nor the juveniles of salmon and trout. However, D. geminata is known for its aggressive growth, therefore the presence of the species might affect the biota if alteration in chemistry and/or physical parameters enhances aggressive growth of the species.*

Lykilorð: Vatnaflóki, þörungar, hryggleysingjar, lax, urriði, seiðarannsóknir, Fossá, Dalsá.

Undirskrift verkefnisstjóra:

Iris Hansen

Undirskrift forstöðumanns sviðs:

Gudni Gudbergsson

1. Inngangur	1
2. Aðferðir	2
2.1 Umhverfisbreytur	3
2.2 Sýnataka	4
2.2.1 Blaðgræna og þörungar mæld með BenthosTorch flúrmæli	4
2.2.2 Hryggleysingjar	4
2.2.3 Fiskar	4
2.3 Úrvinnsla sýna	4
2.3.1 Blaðgræna og þörungar	4
2.3.2 Hryggleysingjar	7
2.3.3 Fiskar	7
2.3.4 Tölfræðileg úrvinnsla	7
3. Niðurstöður	8
3.1 Eðlis- og efnapættir	8
3.2 Blaðgræna og þörungar	10
3.2.1 Blaðgræna a mæld með litrófsmæli	10
3.2.2 Blaðgræna a mæld með flúrmæli	10
3.2.3 Lífræn efni	11
3.2.4 Þörungar og blábakteríur	12
3.3 Hryggleysingjar	14
3.4 Fiskar	16
4. Umræður	18
Þakkarorð	21
5. Heimildir	22

Myndaskrá

1. mynd A-D. Sýnatökusvæðin og botn í Dalsá og Fossá	2
2. mynd. Skýringarmynd á uppsetningu vatnshæðarsírita	3
3. mynd. Meðal vatnshiti hvers sólarhrings í Dalsá og Fossá	8
4. mynd. Breytingar á vatnshæð í Dalsá og Fossá	9
5. mynd. Magn blaðgrænu a á steinum, mælt með HACH Lange DR5000 litrófsmæli.	10
6. mynd A-B. Blaðgræna og hlutföll þörungahópa mæld með BenthosTorch flúrmæli	11
7. mynd. Öskulaus þurrvigð lífrænna efna á steinum	11
8. mynd. Þéttleiki botnlægra þörunga	12
9. mynd A-B. Hlutfallslegur þéttleiki og þekja blábaktería, grænþörunga og kísilþörunga.....	13
10. mynd. Þéttleiki hryggleysingja á steinum	15
11. mynd. Hlutföll helstu hópa hryggleysingja	15
12. mynd. Fjöldi, lengd og aldur laxaseiða	16
13. mynd. Fjöldi, lengd og aldur urriðaseiða	16
14. mynd. Fæða, sem rúmmálshlutfall af magainnihaldi laxaseiða	17
15. mynd. Fæða, sem rúmmálshlutfall af magainnihaldi urriðaseiða	17

Töfluskrá

Tafla 1. Niðurstöður mælinga á sýrustigi, rafleiðni, TDS og hitastig	8
Tafla 2. Hlutfallslegur þéttleiki ættkvísla eða hópa blábaktería, græn- og kísilþörunga	14
Tafla 3. Vísitala þéttleika seiða laxa og urriða eftir aldri	17

1. Inngangur

Vatnaflóki, *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt, er kísilþörungategund sem finnst í svölum ám í Norður-Evrópu og Norður-Ameríku. Vatnaflóki hefur verið skilgreindur sem ágeng tegund síðan á tíunda áratug síðustu aldar þegar tegundin fór að berast á milli vatnsfalla og mynda stundum þykkar breiður á botni straumvatna. Breiður vatnaflókans geta orðið allt að 20 cm þykkar og vaxið yfir annan botngróður, s.s. þörungar og plöntur, og haft áhrif á búsvæði og tegundasamsetningu hryggleysingja sem fyrir eru á árbotni. Þannig getur mikill vöxtur tegundarinnar haft áhrif á búsvæði annarra lífvera eins og hryggleysingja og fiska (Spaulding og Elwell 2007).

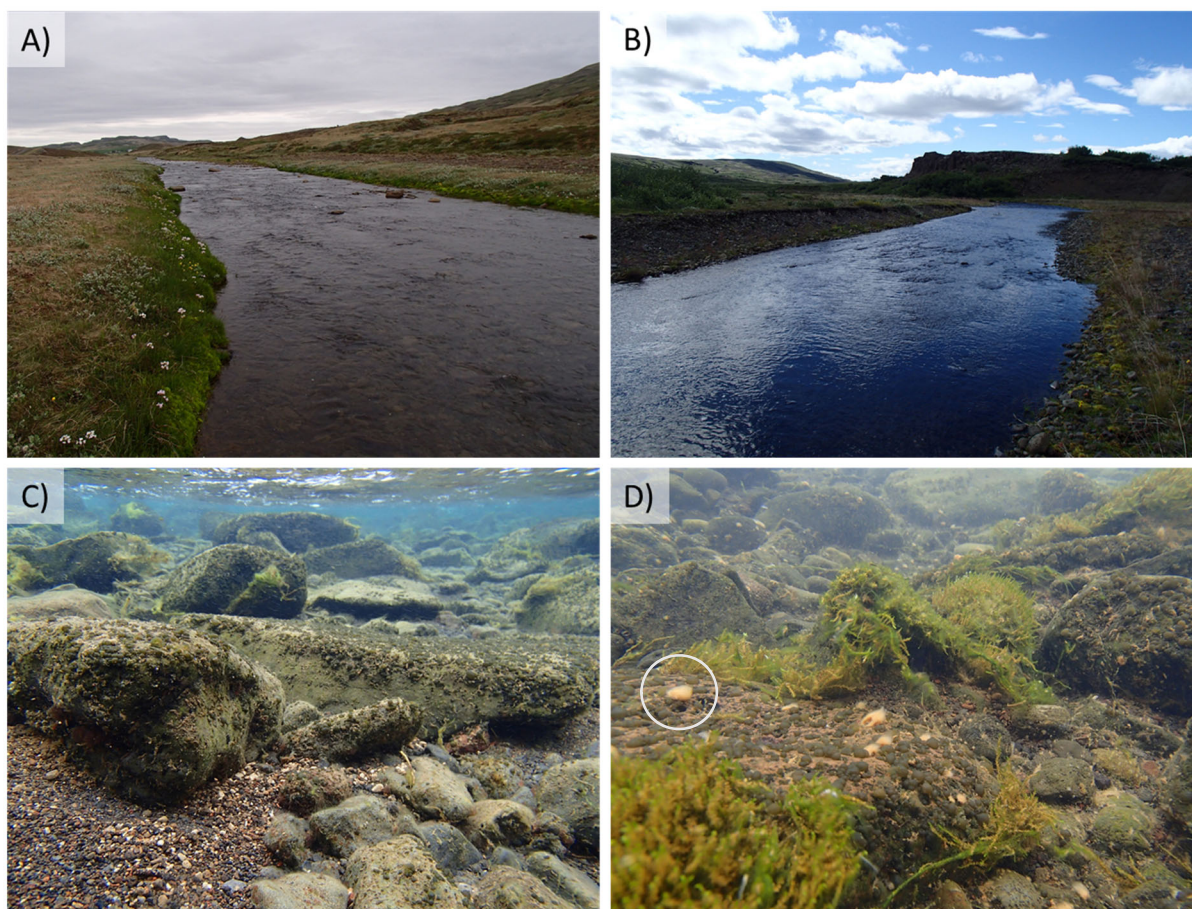
Vatnaflóki var fyrst staðfestur hér á landi í vatnakerfi Hvítár í Borgarfirði og breiddist hratt út um ár á Íslandi. Sama ár fannst vatnaflóki í Elliðaánum og varð hann strax ríkjandi þörungategund í neðri hluta ána sumarið 1994, en haustið 1996 fannst hann einnig í Suðurá ofan Elliðavatns (Gunnar Steinn Jónsson o.fl. 1998). Á árunum 1995 og 1996 fannst vatnaflóki einnig í Úlfarsá, Ytri-Rangá, Laxá í Leirársveit, Miðjarðará, Fljótaá og Fossálum. Rannsóknir á útbreiðslu vatnaflóka hérlandis gefa til kynna að útbreiðsla tegundarinnar hafi aukist á milli áranna 1997 og 2006 (Ingi Rúnar Jónsson o.fl. 2010).

Enn liggja ekki fyrir fullnægjandi skýringar á þessum mikla vexti vatnaflóka, en síðari ár hefur hann verið minna áberandi hér á landi en áður. Mikilvægt er að rannsaka hugsanlegar skýringar á aukinni útbreiðslu þörungans til að skilja eðli og áhrif hans á lífríkið. Vaxtarmynstur þörungans hefur verið mjög breytilegt hér á landi, jafnvel innan vatnakerfa. Dæmi eru um að hann finnist í miklum þéttleika á einum stað í vatnsfalli, en finnist síðan lítið eða ekki stuttu frá í sama vatnsfalli. Slíkar aðstæður gefa einstakt tækifæri til að skoða þá þætti sem hugsanlega geta haft áhrif á vöxt þörungans. Sem dæmi hefur þörungurinn verið mjög áberandi í Suðurá en lítið fundist af honum í Hólmsá. Þessi tvö vatnsföll renna samsíða og stutt er á milli vatnsfallanna sem renna bæði úti í Elliðavatn. Annað gott dæmi eru Dalsá og Fossá í Hrunamannahreppi. Árnar tvær liggja að miklu leiti samhliða í NA-SV stefnu, þar sem Hlíðarfjall aðskilur vatnasvið ána. Dalsá og Fossá sameinast vestan við Tungufellsveg stuttu áður en þær renna úti Hvítá. Í Fossá hefur vatnaflóki verið áberandi, en hingað til hefur hann ekki fundist í Dalsá.

Markmið þessa verkefnis var að rannsaka ástæður mismunandi vaxtar vatnaflóka (*Didymosphenia geminata*) í Fossá og Dalsá og hugsanleg áhrif þess á lífríkið í ánum.

2. Aðferðir

Rannsóknin fór fram í Dalsá (1. mynd A) og Fossá (1. mynd B) í Hrunamannahreppi árið 2016. Sýnatökur og mælingar á vettvangi voru gerðar þrisvar sinnum yfir sumarið, þ.e. 10. júní, 26. júlí og 26. september. Um það bil mánuði fyrir fyrstu sýnatöku (13. maí), var vatnshiti mældur með leiðni, TDS og sýrustig (pH). Vatnaflóki er stundum sjáanlegur í Fossá (ljósu hnoðrarnir á 1. mynd D), en hefur ekki sést í Dalsá (1. mynd C). Sýnatökustöðvar voru skammt ofan við ármót Dalsár og Fossár. Ein sýnatökustöð var í Dalsá (N64°16,201', V20°11,271') og önnur í Fossá (N64°16,075', V20°11,406').

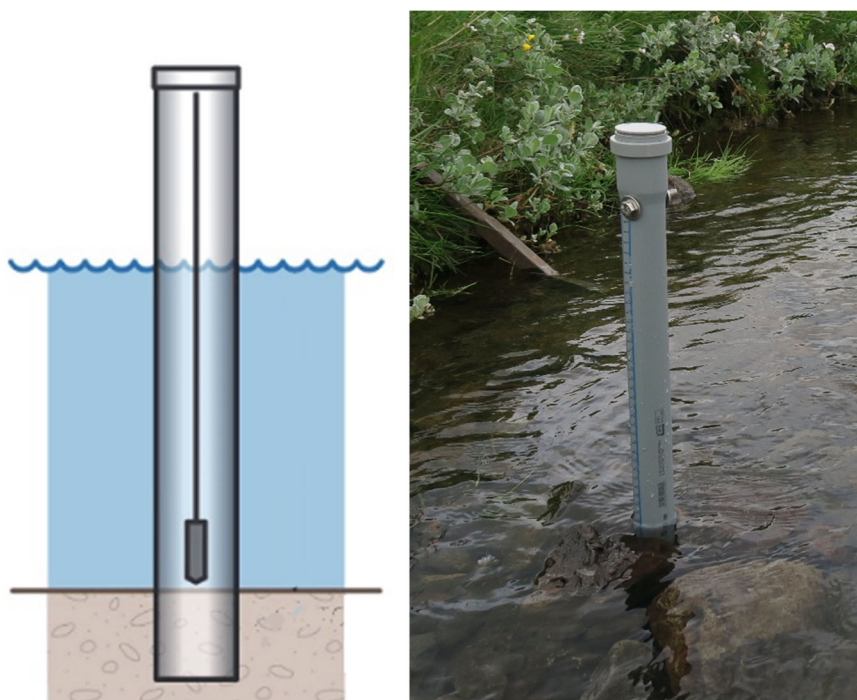


1. mynd A-D. Sýnatökusvæðin í Dalsá (A) og Fossá (B) og botn í Dalsá (C) og Fossá (D). Hringur hefur verið settur utanum vatnaflóka hnoðra sem sést á mynd D. Ljósmyndir tók Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, 10. júní 2016.

Figure 1. Study areas in Dalsá (A) and Fossá (B) and the riverbed in Dalsá (C) and Fossá (D). Superimposed on figure D is a circle showing a cluster of *Didymosphenia*. Photos by Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, June 10, 2016.

2.1 Umhverfisbreytur

Vatnshiti var skráður á 60 mínútna fresti allan rannsóknartímann í báðum ám með síritandi hitamælum (HOBO TidbiT Temperature Logger, Onset computer corporation USA). Rafleiðni vatnsins, pH-gildi, hitastig og uppleystar jónir (TDS) voru mæld í hverri sýnatökuferð með YSI Pro 1030 fjölnemamæli. Mælinákvæmni fyrir pH-gildi og hita var 0,1 og rafleiðni var mæld sem $\mu\text{S cm}^{-1}$. Bæði rafleiðni og pH-gildi voru stöðluð við 25°C. Vatnshæð var mæld á 30 mínútna fresti með HOBO® U20L síritandi þrýstingsmæli, svo nefndum vatnshæðarsíríta. Mælirinn var staðsettur rétt ofan við árbotn, með því að láta hann hanga í vör inni í plaströri sem grafið var að hluta niður í botninn (2. mynd). Breytingar í vatnshæð (cm) miðað við þá vatnshæð sem var í upphafi mælinga voru reiknaðar út útfrá mældum þrýstingi við árbotn. Notaðar voru upplýsingar frá Veðurstofu Íslands (2017) um loftþrýsting á Kálfhóli á Skeiðum á sama tíma, til að leiðrétta fyrir áhrif loftþrýstings á þrýsting mældan við árbotn.



2. mynd. Skýringarmynd á uppsetningu vatnshæðarsíríta við árbotn (vinstri) og ljósmynd af röri með vatnshæðarsíríta í Fossá (hægri). Ljósmynd tók Ragnhildur P. Magnúsdóttir, 15. júní 2016.

Figure 2. Schematic drawing of the installment of the water level logger (left) and a photograph of the actual installment in the field (right). Photo by Ragnhildur P. Magnúsdóttir, June 15, 2016.

Vatnssýni sem átti að efnagreina næringarefni úr voru tekin í hverri sýnatöku, eitt 200 ml sýni í sýrupvegna plastflösku úr hvorri á. Sýnin hafa ekki verið greind. Niðurstöður efnamælinga úr sýnum sem tekin voru á sömu sýnatökustöðum árið 2017 voru notaðar í staðinn (Hafrannsóknastofnun, óbirt gögn).

2.2 Sýnataka

Sýnataka var gerð á sama hátt í Dalsá og Fossá. Í hvoru vatnsfalli voru sýni tekin eftir tveimur sniðum, sem lágu samsíða þvert yfir ána, með fimm metra millibili. Fimm steinar voru teknir af botni með jöfnu bili yfir ána á hvoru sniði. Hver steinn var vafinn strax í álpappír, til að koma í veg fyrir niðurbrot á blaðgrænu. Steinarnir voru geymdir í kæli í merktum dósum, þar til frekari úrvinnsla á sýninu fór fram á rannsóknarstofu. Þar voru tekin sýni af þessum steinum til mælinga á blaðgrænu, magni lífræns efnis og þörungagreininga.

2.2.1 Blaðgræna og þörungar mæld með BenthosTorch flúrmæli

Blaðgræna *a* var einnig mæld á vettvangi, með BenthosTorch flúrmæli (BBE Moldaenke©). BenthosTorch flúrmælir mælir heildarmagn blaðgrænu *a* ($\mu\text{g cm}^{-2}$), en skiptir blaðgrænu niður eftir uppruna í þrjá hópa; þ.e. blaðgrænu úr blábakteríum, kísilþörungum og grænþörungum. Mælingar voru gerðar á árbotni, á líkum stöðum í ánni og steinar voru svo teknir af. Mælt var þrisvar á hverjum steini, þ.e. samtals 30 mælingar í hvorri á. Sneitt var hjá steinum með mosa eða háplöntum á, því að mælirinn gæti mælt blaðgrænu úr öðrum gróðri sem blaðgrænu úr þörungum.

2.2.2 Hryggleysingjar

Þann 26. september var hryggleysingjasýnum safnað af 10 steinum á tveimur sniðum sem lágu þvert yfir ána, samhliða og um 10 metrum fyrir neðan við fyrri snið. Hryggleysingjar voru burstaðir af steinunum á vettvangi og sýnin varðveitt í etanóli (70%). Ofanvarp steinanna var strikað á pappír og flatarmál þess mælt.

2.2.3 Fiskar

Í september var einnig rafveitt í Dalsá og Fossá, á einum stað í hvorri á. Farin var ein rafveiðiyfirferð á hvorri stöð og mælt flatarmál þess svæðið sem veitt var á. Hafa skal í huga að aðeins veiðist hluti þeirra seiða sem eru á rafveiðisvæðinu þegar farin er ein rafveiðiyfirferð. Aðferðin gefur því ekki heildarfjölda seiða, heldur vísitölu fyrir seiðapéttleika sem gefin er upp sem fjöldi veiddra seiða á 100 m² árbotns.

2.3 Úrvinnsla sýna

2.3.1 Blaðgræna og þörungar

Áframhaldandi úrvinnsla sýna fór fram á rannsóknarstofu. Steinar sem ætlaðir voru fyrir þörungasýni, voru þvegnir upp úr eimuðu vatni í bakka og skrúbbaðir með uppþvottabursta. Það sem kom af steinum var skipt upp í þrjú hlutsýni; þ.e. í sýni ætluð til mælinga á lífrænu efni, sýni fyrir mælingar á magni blaðgrænu og sýni fyrir greiningar á þörungum og

blábakteríum. Rúmmál hvers sýnishluta var mælt. Flatarmál steina var mælt með því að þekja yfirborðið með tilklipptu einföldu lagi af álpappír og vigta álpappírinn á vigt með 0,0001 g nákvæmni. Gert var ráð fyrir að hálfur steinninn hafi verið ofan botns í ánni. Því var flatarmál (cm²) steins áætlað út frá hálfri þyngd þess álpappírs sem hafði þakið hann, deilt með þyngd 1 cm² álpappírs.

Til að mæla magn blaðgrænu *a* voru hlutsýni síuð í gegnum glertrefjasíupappír (Whatman® GFC, 47 mm í þvermál). Síupappírinn var þá settur í 15 ml skilvinduglas og þekktu magni (15–25 ml) af 96% etanóli bætt út í til þess að leysa upp blaðgrænuna. Sýnin voru látin standa í 24 klukkustundir inn í kælikáp, vernduð gegn ljósi til að draga úr niðurbroti á blaðgrænu. Þá voru sýnin spunnin niður í skilvindu í 10 mínútur við 3000 snúninga á mínútu til þess að aðskilja grugg frá uppleystri blaðgrænu. Hlutsýni (4 ml) var sett í kúvettu (10 x 10 mm) og mælt í ljósgleypnimæli (HACH Lange, DR 5000). Til að staðla ljósgleypnimælinn var hreint 96% etanól mælt í upphafi. Ljósgleypni var mæld við 665 nm og 750 nm. Fyrri bylgjulengdin mælir topp á blaðgrænu *a* en sú síðari er notuð til að leiðrétta fyrir grugg í lausninni. Mælingin var endurtekin eftir að 5 dropum af 0,1 N HCl hafði verið bætt út í sýnið til að brjóta niður blaðgrænuna. Það var gert til að hægt væri að reikna út hve mikið var af virkri blaðgrænu í sýninu. Við undirbúning sýna og mælingar var stuðst við aðferð Steinman o.fl. (2006). Eftirfarandi jafna var notuð til að reikna út magn blaðgrænu í sýnunum (Lorenzen 1967, Wintermans og DeMots 1965):

$$\text{Chl } a = \frac{A * K * ((665_b - 750_b) - (665_a - 750_a)) * V}{S * l}$$

Chl *a* = Magn blaðgrænu *a* (µg/cm²).

A = 11,99, gleypnistuðull (µg/cm²) fyrir blaðgrænu *a*.

K = Leiðréttingarfasti fyrir sýringu.

665_b = Gleypni við 665 nm fyrir sýringu.

750_b = Gleypni við 750 nm fyrir sýringu.

665_a = Gleypni við 665 nm eftir sýringu.

750_a = Gleypni við 750 nm eftir sýringu.

V = Rúmmál etanóls sem notað var við að leysa upp blaðgrænuna (ml).

S = Yfirborð steins (cm²).

l = Breidd kúvettu (cm).

Magn lífræns efnis á steinum úr Dalsá og Fossá var metið með því að sía hlutsýni úr því sem skrúbbað var af steinum, í gegnum brenndar og vigtaðar glertrefjasíur (Whatman® GFC, 47 mm þvermál). Síur með sýnum á, voru þurrkaðar í rúmlega 2 sólarhringa við 60°C og vigtaðar eftir það. Því næst voru sýnin brennd í brennsluofni við 550°C að lágmarki í 2 klukkustundir og

vigtuð eftir brunann. Öskulaus þurrvigt sýnis er mismunurinn á þyngd sýnis fyrir og eftir bruna og endurspeglar mismunurinn magn þess lífræna efnis sem var í sýninu.

Til að hægt væri að greina þörunga og blábakteríur til ættkvísla voru sýni útbúin á eftirfarandi hátt: Upphaflegt hlutsýni var hrist í 30 sekúndur til þess að fá sem jafnasta dreifingu þörunga og blábaktería. Úr sýninu var tekinn 0,1 ml sem komið var fyrir á Palmer-Maloney smásjargleri. Þekjugler var lagt yfir sýnið á smásjarglerinu og það innsiglað með naglalakki til að koma í veg fyrir uppufun.

Frumur þörunga og blábaktería voru taldar og greindar til ættkvísla í Leica DM4000B fasasmásjá, við 200–400 falda stækkun. Við þessa stækkun sjást minnstu kísilþörunga illa (10 µm eða styttri). Smávaxnir kísilþörunga voru þannig vantaldir, þó að þeir væru nokkuð algengir í báðum ám við nánari skoðun. Hér var áherslan á hinn stórvaxna vatnaflóka, því voru þessar talningaraðferðir látnar nægja. Þráðlaga blábakteríur voru taldar sem einingar, þar sem hver eining samsvarar 10 µm löngum bútum úr þræðinum, því að erfitt getur reynst að greina frumuskil blábaktería. Þörunga voru taldir eftir sniðum eða röð talningareita, þvert yfir smásjarglerið. Að lágmarki voru 300 frumur/einingar taldar í hverju hlutsýni. Ef ekki fundust 300 frumur/einingar í sniðunum var talið úr öllu hlutsýninu. Tvennskonar talningar voru gerðar. Allir þörunga voru taldir innan talningareits og þéttleiki þörunga í sýnum reiknaður út frá eftirfarandi jöfnu:

$$\text{Þéttleiki} = \frac{\left(\left(\frac{\text{PCC}}{\text{AoF} * \text{FoV}} \right) * \text{No. C} \right) * \text{Vol. T}}{\text{Area. T}}$$

Þéttleiki = Fjöldi þörunga (fruma/eininga) á cm².

PCC = Flatarmál Palmer-Maloney glers (245,5mm²).

AoF = Flatarmál talningarreits (0,25mm²).

FoV = Fjöldi talningarreita.

No.C = Fjöldi talinna fruma/eininga.

Vol. T = Rúmmál sýnis (µl).

Area. T = Yfirborðsflatarmál sýnatökureitar (cm²).

Hlutfallslegur þéttleiki þörunga sem tilheyrðu hverri ættkvísl eða tegundahópi var reiknaður út með því að deila heildarfjölda þörunga í sýni upp í fjölda þörunga af hverri ættkvísl.

Hin talningar aðferðin var að hlutfallsleg þekja þörunga og blábaktería skoðuð með tilliti til mismunandi stærðar frumna og þar með hlutfalls þeirra af þekju. Til þess að meta þekju ættkvísla var notað WhippleGrid gler (10 x 10 mm rúðunet með 0,5 mm reitum) sem komið var fyrir í augnstykki smásjárinnar. Þörunga eða blábakteríur sem lentu undir

talningarkrossum rúðunetsins voru taldar og greindar til ættkvísla. Hlutfallsleg þekja mismunandi ættkvísla þörunga var reiknuð út í framhaldi af því, á sama hátt og hlutfallslegur þéttleiki var reiknaður.

2.3.2 Hryggleysingjar

Úrvinnsla úr sýnum fyrir botnlæga hryggleysingja fór fram á rannsóknarstofu Hafrannsóknastofnunar. Greining á hryggleysingjum var gerð undir víðsjá við 50–100 falda stækkun þar sem hryggleysingjar voru greindir til helstu hópa (ættkvíslir, tegundir o.s.frv.) og fjöldi einstaklinga innan hópa talinn.

2.3.3 Fiskar

Fiskar sem veiddust voru greindir til tegunda, vigtaðir og lengdarmældir. Kvarna-, hreistur- og magainnihaldssýni voru tekin úr hluta rafveiddra seiða. Kvarnir fiska voru notaðar til aldursgreininga. Vorgamlir fiskar voru táknaðir sem 0⁺, árgamlir fiskar eða á öðru vaxtarsumri voru táknaðir 1⁺ og fiskar á öðru ári og á sínu þriðja vaxtarsumri voru táknaðir 2⁺.

Magafylling var metin með sjónmati og flokkuð í fæðuhópa undir víðsjá. Magafyllingu voru gefin stig frá 0 til 5, þar sem 0 er tómur magi en 5 er fullur magi. Hlutfallslegt rúmmál hvernar fæðugerðar fyrir hóp fiska var reiknað með eftirfarandi formúlu:

$$\frac{\sum(\text{Rúmmálshlutdeild fæðugerðar} \times \text{fyllingarstig})}{\sum(\text{fyllingarstiga})}$$

Þannig er tekið tillit til magafyllingar, auk hlutfallslegs rúmmáls fæðu miðað við aðrar fæðutegundir líkt og tíðkast í fyrri rannsóknum (Ingi Rúnar Jónsson og Guðni Guðbergsson, 1996).

2.3.4 Tölfræðileg úrvinnsla

Fjölbreytileikastuðull Shannons var reiknaður fyrir þörunga og blábakteríur á eftirfarandi hátt (Magurran, 2005):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

H' = Shannon fjölbreytileikastuðull

p_i = Hlutfall af tegund i

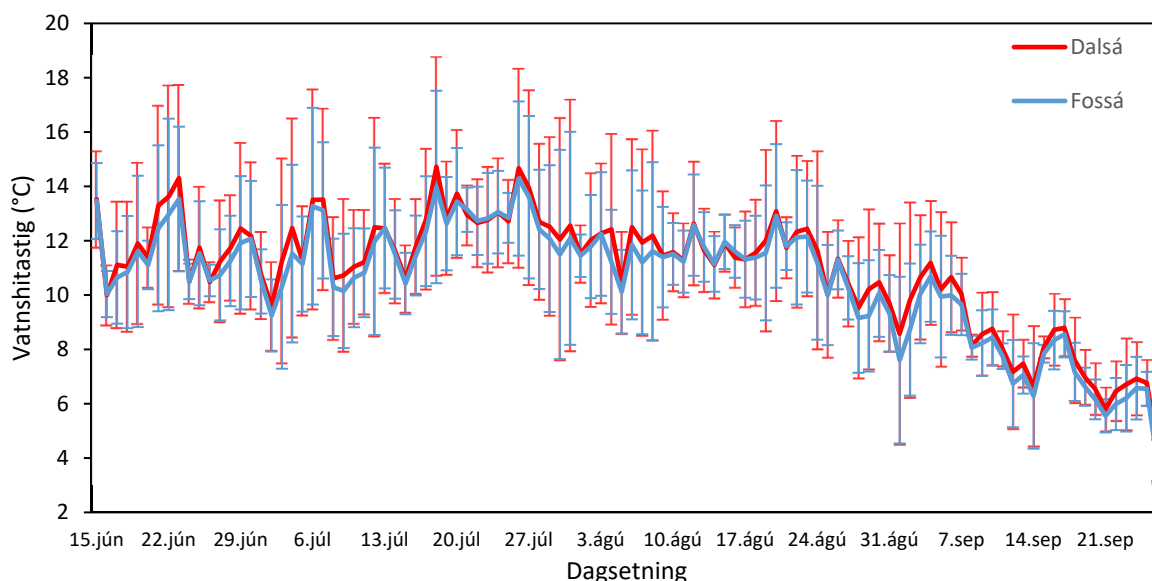
S = Fjöldi tegunda

Við tölfræðilegan samanburð voru notuð einhliða t-próf, þegar meðaltöl voru borin saman fyrir blaðgrænu, lífrænt efni og þéttleika hryggleysingja. Marktækur munur miðaðist við p væri minna en 0,05. Eingöngu tölulegar niðurstöður t-prófa sem sýndu marktækan mun eru tilgreindar.

3. Niðurstöður

3.1 Eðlis- og efnapættir

Vatnshitinn var breytilegur yfir sumarið, oftast á milli 10–14°C (2. mynd). Meiri breytileiki var í vatnshita innan sólarhrings í Dalsá en í Fossá (sjá staðalfrávik á 3. mynd). Þó ekki væri mikill munur á vatnshita áнна, var vatnshiti Dalsár að jafnaði örlítið hærri (0,4–1°C) (3. mynd). Í lok ágúst mánaðar lækkaði vatnshiti og var kominn niður í um 4°C í báðum ánum við lok mælinga.



3. mynd. Meðal vatnshiti hvers sólarhrings í Dalsá og Fossá sumarið 2016. Lóðrétt strik sýna +/- 1 staðalfrávik frá meðal vatnshita.

Figure 3. Average water temperature in Dalsá and Fossá in the summer of 2016. The bars show the standard deviation from the average water temperature.

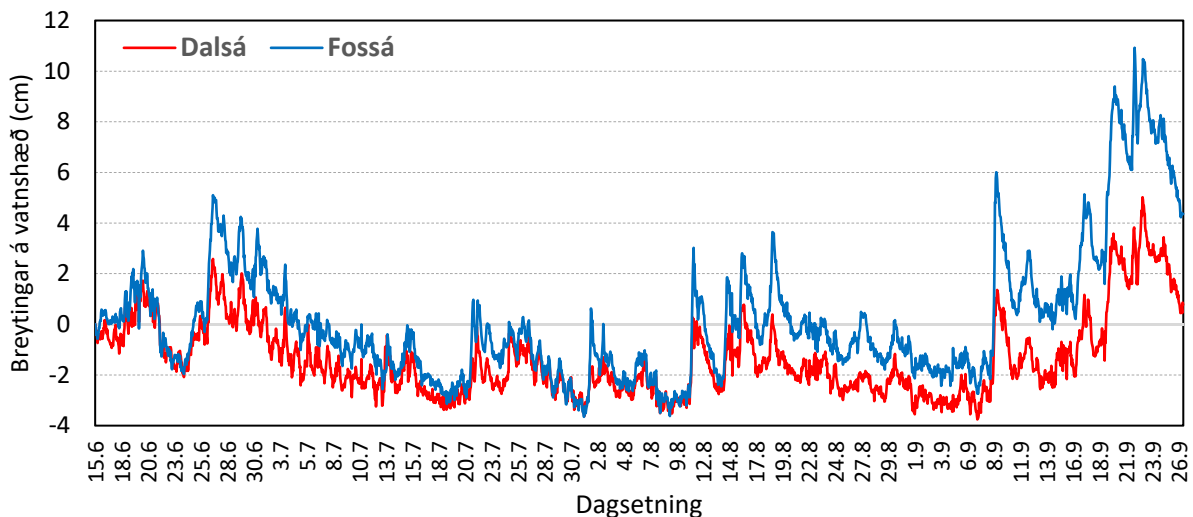
Í maí mældist pH 7,83 í báðum ánum, en í júní, júlí og september mældist það alltaf örlítið hærri í Dalsá en Fossá (tafla 1). Lítil munur var á milli sýnatökustöðva hverju sinni þegar rafleiðni var mæld, en breytilegt var hvort að hún mældist hærri í Dalsá eða Fossá (tafla 1). Gildi fyrir TDS mældust svipuð á milli sýnatökudaga og sýnatökustöðva (tafla 1). Vatnshiti mældist 0,7–3,6°C hærri í Dalsá en Fossá þegar hiti var mældur handvirkt (tafla 1).

Tafla 1. Niðurstöður mælinga á sýrustigi (pH -gildi), rafleiðni (μS/cm), TDS og hitastig (°C) í Dalsá og Fossá sumarið 2016.

Table 1. Measured parameters in Dalsá and Fossá in the summer of 2016; pH, conductivity (μS/cm), TDS and temperature (°C).

	Dalsá				Fossá			
	13. maí	10. júní	26. júlí	26. sept.	13. maí	10. júní	26. júlí	26. sept.
pH -gildi	7,83	8,26	8,94	8,50	7,83	8,13	8,44	7,90
Leiðni (μS/cm)	82,0	87,4	95,0	91,8	79,2	87,0	97,1	95,1
TDS (mg/l)	53,3	56,9	61,7	59,6	51,5	56,5	63,1	61,8
Hitastig (°C)	8,3	13,5	17,6	8,5	6,6	12,8	15,7	4,9

Vatnshæð í Fossá hækkaði fljótlega eftir upphaf mælinga meira en vatnshæð Dalsár og jókst sá munur út rannsóknartímann. Sveiflan í vatnshæð var einnig að jafnaði meiri í Fossá en Dalsá (4. mynd). Vatnshæðin lækkaði mest um tæpa 4 cm og hækkaði um rúmlega 5 cm yfir sumarið, en jókst svo í september og var mest um 11 cm aukningu í lok september miðað við upphaf mælinga (4. mynd). Rennslislykill fyrir árnar er ekki til frá þessum tíma og því er ekki hægt að segja til um rennsli út frá þessum mælingum, en líklegt er að þessi hækkun hafi haft áhrif á straumhraða og þá meira í Fossá en Dalsá.



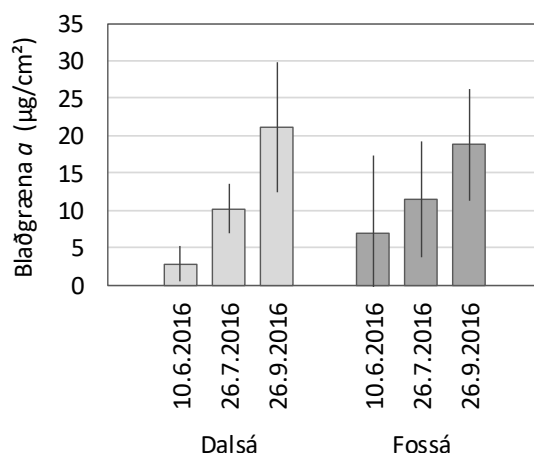
4. mynd. Breytingar á vatnshæð í Dalsá og Fossá sumarið 2016.

Figure 4. Changes in water levels in Dalsá and Fossá during the summer of 2016.

3.2 Blaðgræna og þörungar

3.2.1 Blaðgræna a mæld með litrófsmæli

Magn blaðgrænu a er notað sem vísbending um lífmassa frumframleiðenda. Blaðgræna a mæld með litrófsmæli jókst yfir rannsóknartímann og var mest í september bæði í Dalsá og Fossá (5. mynd). Aðeins í júní var marktækur munur á milli sýnatökustöðva á magni blaðgrænu a , samkvæmt einhliða t-prófi ($t(18)=2,396$, $p=0,0138$).



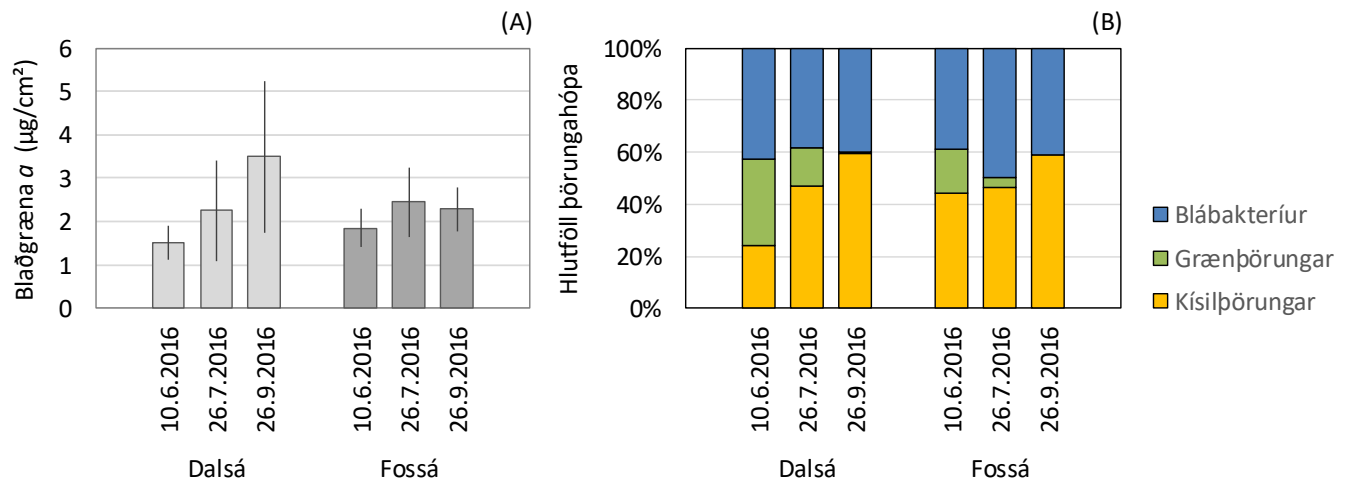
5. mynd. Magn blaðgrænu a á steinum (meðaltal 10 sýna á hverjum stað á hverri dagsetningu, með $\pm$ 1staðalfrávik) í Dalsá og Fossá, mælt með HACH Lange DR5000 litrófsmæli.

Figure 5. The concentration of chlorophyll a on rocks from the rivers Dalsá and Fossá, measured with HACH Lange DR5000 Spectrophotometer. Mean and standard deviation of 10 samples are shown.

3.2.2 Blaðgræna a mæld með flúrmæli

Magn blaðgrænu á steinum í Dalsá jókst þegar leið á sumarið, mælt með BenthThorc flúrmæli, en jókst ekki eins mikið á steinum í Fossá á sama tíma (6. mynd A). Í júní mældist marktækt meiri blaðgræna a á steinum í Fossá en Dalsá ($t(18)=1,841$, $p=0,0411$), en ekki var marktækur munur á milli sýnatökustöðva í júlí. Í september höfðu hlutföllin snúist við þegar marktækt meiri blaðgræna a mældist í Dalsá en Fossá ($t(18)=2,104$, $p=0,0248$).

Blaðgrænumælingar sýndu aukið hlutfall kísilþörungna á báðum stöðum er leið á sumarið, en á sama tíma dró úr hlutfalli grænþörungna (6. mynd B). Í júní og júlí mældist hærra hlutfall grænþörungna í Dalsá en í Fossá. Í september mældist aðeins örlítið af grænþörungum í Dalsá og ekkert í Fossá. Hlutfall blábaktería var nokkuð stöðugt yfir sumarið á báðum sýnatökustöðvum (6. mynd B).

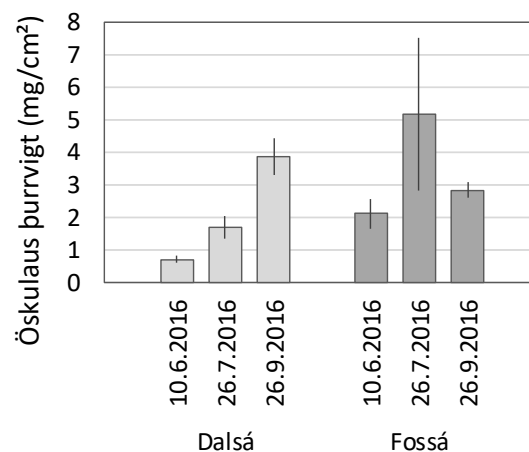


6. mynd A-B. Bláðgræna a mæld með BenthosTorch flúrmæli í Dalsá og Fossá. (A) Magn bláðgrænu a , meðaltöl 10 steina eru sýnd og staðalfrávik eru teiknuð inn á myndina. (B) Hlutföll þörungahópa samkvæmt bláðgrænumælingum, meðaltöl 10 steina.

Figure 6 A-B. Measurements made with BenthosTorch spectrofluorimetric meter, on rocks in Dalsá and Fossá. (A) Concentration of chlorophyll a , mean and standard deviation of 10 samples are shown. (B) Percentage of algae groups, mean of 10 samples. Filled columns represent genera of diatoms (yellow), green algae (green) and cyanobacteria (blue).

3.2.3 Lífræn efni

Magn lífrænna efna á steinum í Dalsá jókst er leið á sumarið en í Fossá var öskulaus þurrvig lífrænna efna mest í júlí að meðaltali (7. mynd). Í júní og júlí mældist minna magn lífrænna efna á steinum úr Dalsá en Fossá, en í september var magnið meira í Dalsá en Fossá (7. mynd). Munur á milli sýnatökustöðva var aðeins marktækur í júní ($t(18)=2,997$, $p=0,0039$), samkvæmt einhliða t -prófi.

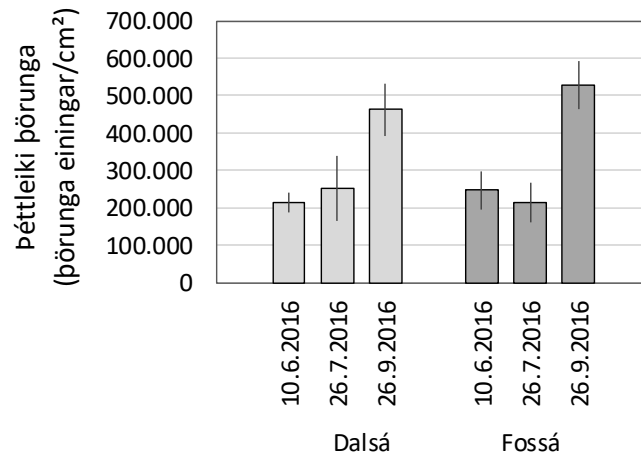


7. mynd. Öskulaus þurrvig (mg/cm^2) lífrænna efna á steinum í Dalsá og Fossá. Meðaltöl 10 sýna eru sýnd og staðarfrávik eru teiknuð inn á myndina.

Figure 7. Ash-free dry weight of sediment on rocks in the rivers Dalsá and Fossá. Mean and standard deviation of 10 samples are shown.

3.2.4 Þörungar og blábakteríur

Þéttleiki þörungar og blábaktería á steinum var svipaður í Dalsá og Fossá í júní og júlí, en í september hafði þéttleikinn u.þ.b. tvöfaldast (8. mynd).



8. mynd. Þéttleiki botnlægra þörungar (fjöldi þörungaeininga á cm²) í Dalsá og Fossá sumarið 2016. Meðaltöl þriggja sýna eru sýnd og lóðrétt strik liggja á milli hæsta og lægsta gildis.

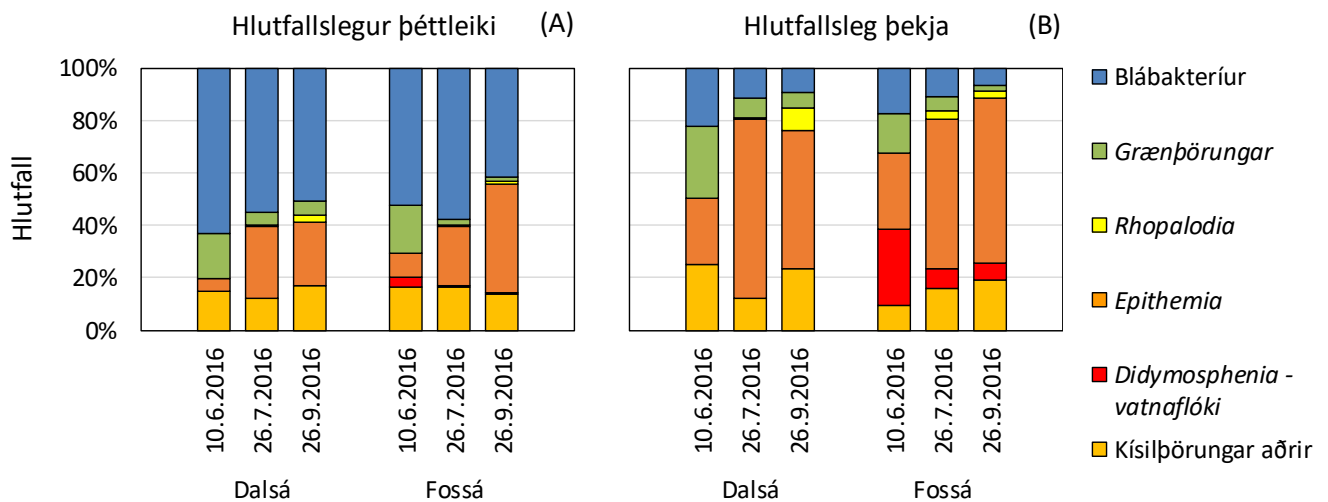
Figure 8. Density of benthic algae (number alga units per cm²) in Dalsá and Fossá in the summer of 2016. The mean of three samples are shown and the vertical bars are between the highest and lowest values.

Hlutfallslegur þéttleiki blábaktería var svipaður í Fossá og Dalsá. Hlutfallslegur þéttleiki blábaktería í Dalsá var hæstur í júní en lækkaði þegar leið á sumarið (9. mynd A). Í Fossá var hlutfallslegur þéttleiki blábaktería hæstur í júlí, örlítið lægri í júní og lægstur í september. Frumur blábaktería eru fremur smávaxnar og því var hlutfallsleg þekja þeirra mun lægri miðað við hlutfallslegan þéttleika (9. mynd B og A). Bæði í Dalsá og Fossá var hlutfallsleg þekja blábaktería mest í júní, var orðin um helmingi minni um haustið (9. mynd B).

Hlutfallslegur þéttleiki og hlutfallsleg þekja grænþörungar var hæst í júní í báðum ánum, en mun lægri bæði í júlí og september (9. mynd A og B).

Kísilþörungar sem sáust í þessari rannsókn voru mjög misstórir, en hlutfall stórvaxinna ættkvísla var nokkuð hátt. Vatnaflóki (*Didymosphenia geminata*) fannst eingöngu í Fossá, en ekki í sýnum úr Dalsá. Vatnaflóki er stærsta tegundin sem fannst í sýnunum. Hlutfall hans af heildar þéttleika var lágt, eða mest tæp 4% í júní. Vegna stærðar frumanna og stilkanna sem vatnaflóki myndar, var hlutfall hans um 29% af þekjunni í júní, en í júlí og september var hún um þriðjungur af því sem hún var í júní. Aðrar stórvaxnar tegundir voru af ættkvíslunum *Epithemia* og *Rhopalodia*, þær fundust í báðum ánum. Hlutfallslegur þéttleiki ættkvíslarinnar *Epithemia* var hæstur af þessum ættkvíslum á báðum sýnatökustöðvum og jókst hlutfall ættkvíslarinnar þegar leið á sumarið bæði í Dalsá og Fossá (9. mynd A). Vegna stærðar fruma kísilþörungar af *Epithemia* ættkvísl voru þær meirihluti af hlutfallslegri þekju allra þörungar hópa í Dalsá og Fossá í júlí og september (9. mynd B). Kísilþörungar af ættkvíslinni *Rhopalodia*

fundust ekki í sýnum í júní, en hlutfallslegur þéttleiki þeirra var lægri en 3% í júlí og september (9. mynd A). En vegna stærðar *Rhopalodia* fruma var hlutfallsleg þekja ættkvíslarinnar mest tæp 9% í Dalsá í september, en um 3% í Fossá bæði í júlí og september (9. mynd B). Aðrir kísilþörungar en ofangreindir voru í svipuðum hlutfallslegum þéttleika á báðum sýnatökustöðum á öllum sýnatökudagsetningum og hlutfall þeirra af þekju var álíka mikið (9. mynd A og B).



9. mynd A-B. (A) Hlutfallslegur þéttleiki (fjöldi í hóp/heildarfjöldi) og (B) hlutfallsleg þekja (tíðni hóps/heildartíðni) blábaktería, grænþörungar og kísilþörungar í Dalsá og Fossá sumarið 2016. Hver súla er meðaltal þriggja sýna. Þrjár ættkvíslir kísilþörungar (*Rhopalodia*, *Epithemia* og *Didymosphenia* – vatnaflóki), eru tilgreindar sérstaklega.

Figure 9 A-B. (A) Relative density (number in group/total density) and (B) relative coverage (coverage of each group/total coverage) of cyanobacteria (blue), green algae (green) and diatoms (yellow, orange and red) in Dalsá and Fossá in the summer 2016. Each column is the average of three samples. Three diatom genera are presented specifically; *Rhopalodia*, *Epithemia* and *Didymosphenia*.

Greint var til 17 ættkvísla eða hópa blábaktería, grænþörungar og kísilþörungar (tafla 2). Blábakteríur voru aðallega af tveimur ættkvíslum, *Nostoc* sem var í hæstu hlutfalli í júní en lækkaði eftir það og *Dichothrix* sem jókst er leið á sumarið (tafla 2). Aðrar algengar ættkvíslir blábaktería voru *Anabaena* og *Calothrix*. Lítið fannst af blábakteríum af ættkvíslunum *Phormidium* og *Oscillatoria*. Algengustu ættkvíslir grænþörungar voru *Stigeoclonium* og *Ulothrix*, auk *Microspora* og *Spyrogira* sem voru nokkuð algengar (tafla 2).

Fjölbreytileikastuðull Shannons var 1,7–2,0 fyrir sýni úr Dalsá og 1,5–2,1 fyrir sýni úr Fossá, reiknaður út frá ættkvíslum og hópum blábaktería, grænþörungar og kísilþörungar (tafla 2).

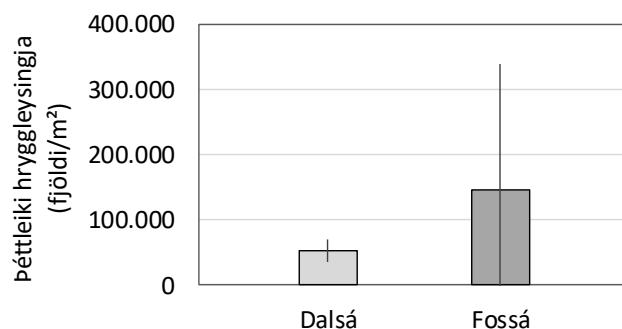
Tafla 2. Hlutfallslegur þéttleiki (% meðaltal þriggja sýna) ættkvísla eða hópa blábaktería, grænþörunga og kísilþörunga sem fundust í Dalsá og Fossá sumarið 2016. Gildi fyrir Shannon fjölbreytileikastuðul reiknuð fyrir þessar niðurstöður eru neðst í töflunni.

Table 2. Relative density (% mean of 3 samples) of genera or groups of cyanobacteria, green algae and diatoms found in Dalsá and Fossá in the summer of 2016. The Shannon diversity coefficient values calculated for these results are shown at the bottom of the table.

	Dalsá			Fossá		
	10. júní	26. júlí	26. sept	10. júní	26. júlí	26. sept
Blábakteríur						
<i>Anabaena</i>	0,8	14,0	0,2	0,3	11,4	0,1
<i>Calothrix</i>	5,6	5,2	11,3	16,7	2,7	7,3
<i>Dichothrix</i>	5,5	12,0	26,4	2,2		26,0
<i>Nostoc</i>	49,6	22,8	9,6	28,7	25,4	5,6
<i>Oscillatoria</i>			0,7		9,2	1,4
<i>Phormidium (Lyngbya)</i>	2,1	5,0	2,4	2,7	0,8	0,4
Grænþörungar						
<i>Cladophora</i>					0,7	
<i>Microspora</i>	2,8			11,1		
<i>Klebsormidium</i>	0,6		2,1	1,7		
<i>Stigeoclonium</i>	5,6	2,4	1,4	1,8	0,6	0,9
<i>Spyrogira</i>		0,8	1,7	1,9		0,6
<i>Ulothrix</i>	7,1	3,2			0,3	
Ógreindir grænþörungar	1,0			2,2	15,4	2,2
Kísilþörungar						
<i>Didymosphenia</i> - vatnaflóki				3,7	0,7	0,5
<i>Epithemia</i>	4,9	24,8	24,3	17,7	17,4	40,4
<i>Rhopalodia</i>		0,1	2,7		0,6	1,2
Aðrir kísilþörungar (>10 µm)	14,6	9,7	17,3	9,3	14,8	13,5
Shannon fjölbreytileikastuðull	1,7	2,0	1,8	2,1	1,8	1,5

3.3 Hryggleysingjar

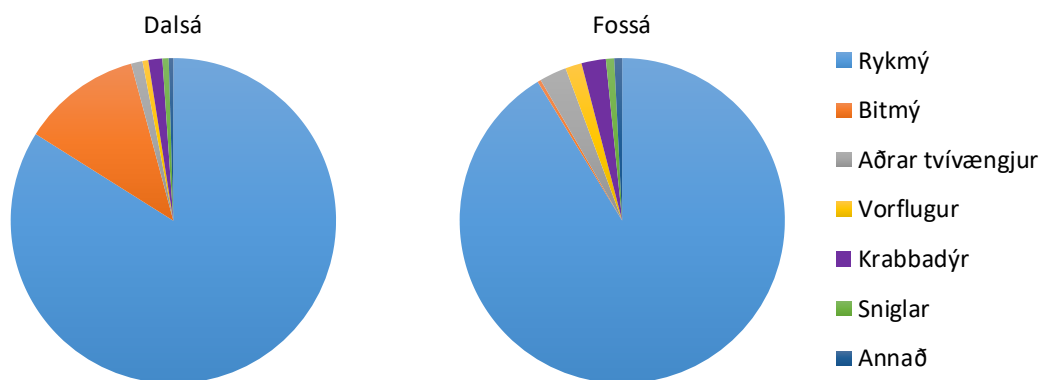
Munur á þéttleika hryggleysingja í Dalsá og Fossá var ekki marktækur samkvæmt einhliða t-prófi. Þéttleiki hryggleysingja var að meðaltali 52.159 dýr/m² í Dalsá og 145.689 dýr/m² í Fossá 26. september 2016 (10. mynd). Þéttleiki var mestur í einu sýni af fimm úr Fossá (488.703 dýr/m²). Að öðru leyti var þéttleiki í sýnum frá báðum stöðum um 32.000–80.000 dýr/m².



10. mynd. Þéttleiki (fjöldi á m²) hryggleysingja á steinum í Dalsá og Fossá 26. september 2016. Meðaltöl og staðalfrávik 5 sýna eru sýnd.

Figure 10. Density (number per m²) of invertebrates in Dalsá and Fossá in September 2016. The average and standard deviations of 5 samples are shown.

Rykmýslirfur voru algengasti hópur hryggleysingja bæði í Dalsá og Fossá. Rykmýslirfur voru um 84% af þeim hryggleysingjum sem fundust á steinum í Dalsá (11. mynd). Bitmýslirfur voru mun algengari í Dalsá en Fossá, eða um 12% af heildarþéttleika. Krabbadýr voru um 1,4% af þéttleikanum, en aðrir hópar hryggleysingja voru allir minna en 1% af þéttleikanum í Dalsá, þ.e. aðrar tvívængjur, vorflugur, sniglar og hópur annarra hryggleysingja. Í Fossá var hlutfall rykmýslirfa hærra en í Dalsá, eða um 91%. Bitmýslirfur fundust varla í Fossá en hlutfall annarra tvívængja og vorflugna var örlítið hærra í Fossá en í Dalsá. Hlutfall hóps krabbadýra (*Cladocera*, *Ostracoda* og *Copepoda*) var 2,4% í Fossá. Vatnasniglar (*Radix baltica*) og hópur annarra hryggleysingja voru í svipuðu hlutfalli í Fossá og í Dalsá (lægra en 1%) (11. mynd).

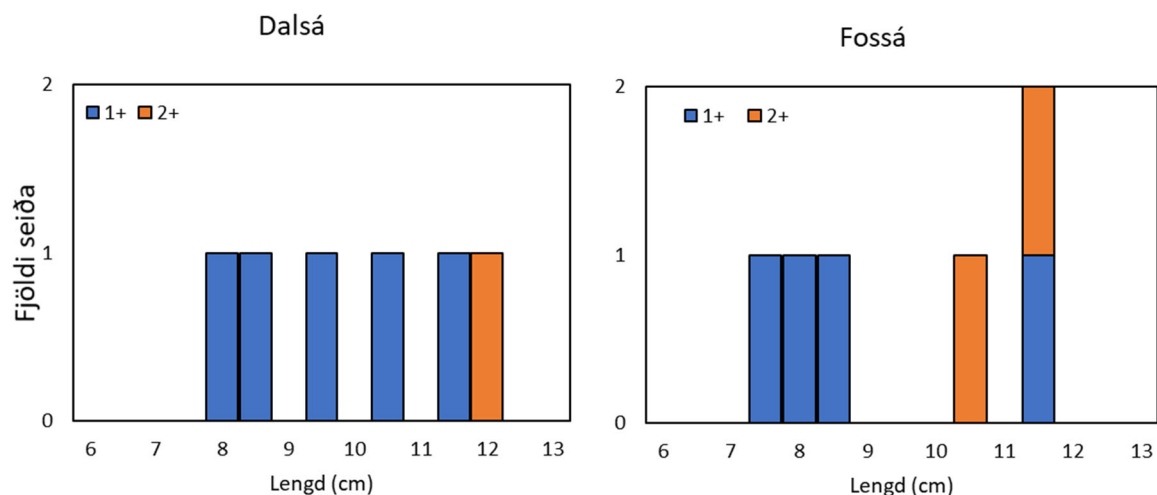


11. mynd. Hlutföll helstu hópa hryggleysingja í Dalsá og Fossá í september 2016, meðaltöl 5 steina úr hverri á.

Figure 11. Ratio of the main groups of invertebrates in Dalsá and Fossá in September 2016, average of 5 samples from each stream. The colors represent Chironomidae (blue), Simuliidae (orange), other dipteras (grey), Trichoptera (yellow), Crustacea (purple), Gastropoda (green) and other invertebrates (dark blue).

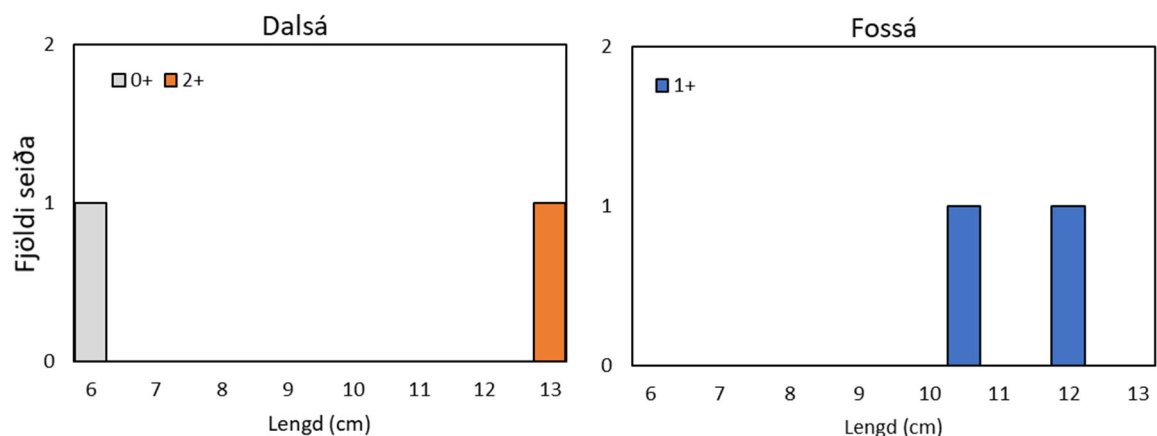
3.4 Fiskar

Laxa- og urriðaseiði veiddust bæði í Dalsá og Fossá. Í Dalsá veiddust 5 laxaseiði á öðru vaxtarsumri (1⁺) og eitt seiði sem var á þriðja vaxtarsumri (2⁺) (12. mynd). Af urriðaseiðum veiddist eitt vorgamalt seiði (0⁺) og eitt seiði sem var á þriðja vaxtarsumri (2⁺) (13. mynd).



12. mynd. Fjöldi, lengd og aldur laxaseiða sem veiddust í Dalsá og Fossá í september 2016.

Figure 12. Number, length and age of juvenile salmon that were caught in Dalsá and Fossá in September 2016.



13. mynd. Fjöldi, lengd og aldur urriðaseiða sem veiddust í Dalsá og Fossá í september 2016.

Figure 13. Number, length and age of juvenile trout that were caught in Dalsá and Fossá in September 2016.

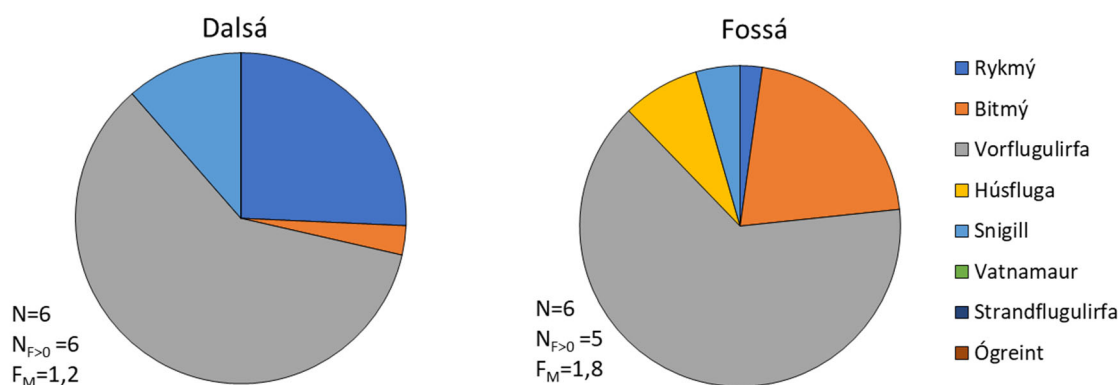
Vísitala fyrir þéttleika laxaseiða í Dalsá var 5,7 á 100 m² og urriðaseiða 1,9 seiði á 100 m² (tafla 3). Í Fossá veiddust 4 laxaseiði á öðru vaxtarsumri (1⁺) og 2 seiði á þriðja (2⁺) vaxtarsumri (12. mynd). Tvö urriðaseiði veiddust í Fossá og voru þau bæði á öðru vaxtarsumri (1⁺) (13. mynd). Vísitala fyrir þéttleika laxaseiða í Fossá var 3,5 seiði á 100 m² og urriðaseiða 1,2

seiði á 100 m² (tafla 3). Í Dalsá var lengd 1⁺ laxaseiða 8,0–11,7 cm og 2⁺ laxaseiðið var 12,0 cm. Í Fossá var lengd 1⁺ laxaseiða 7,5–11,5 cm og 2⁺ seiðin voru 10,5 og 11,5 cm.

Tafla 3. Vísitala þéttleika seiða laxa og urriða eftir aldri í Dalsá og Fossá í september 2016. Tölur standa fyrir veidd seiði á 100 m² í einni yfirferð í rafveiði. Aldurshópar eru: vorgömul seiði (0+), eins árs seiði á öðru vaxtarsumri (1⁺) og tveggja ára seiði á þriðja vaxtarsumri (2⁺). Flatarmál (m²) rafveiðistöðva er tilgreint.

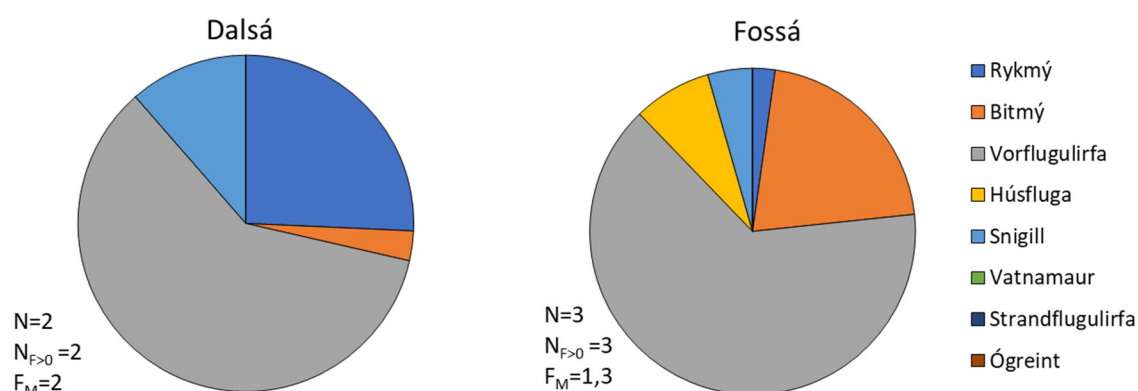
Table 3. Juvenile densities of salmon and trout by species and age in Dalsá and Fossá in September 2016. Numbers are fish caught per 100 m² in one round of electro-fishing. Age groups are: first year juveniles (0+), one year's juveniles in second growth summer (1⁺) and two year old juveniles in the third growth summer (2⁺). The area (m²) of the electric fishing station is specified.

Stöð	Flatarmál stöðvar (m ²)	Fjöldi laxaseiða á 100 m ²				Fjöldi urriðaseiða á 100 m ²			
		0+	1+	2+	Samtals	0+	1+	2+	Samtals
Dalsá	106	0	4,72	0,94	5,66	0,94	0	0,94	1,88
Fossá	170	0	2,35	1,17	3,52	0	1,17	0	1,17



14. mynd. Fæða, sem rúmmálshlutfall af magainnihaldi laxaseiða í Dalsá og Fossá í september 2016. N = fjöldi seiða. N_{F>0} = fjöldi seiða með magafyllingu > 0. F_M = meðalmagafylling seiða með magafyllingu > 0.

Figure 14. Food of salmon juveniles in Dalsá and Fossá in September 2016 as volume ratio of each food item. N = number of individuals. N_{F>0} = number of salmon juveniles with stomach contents > 0. F_M = average stomach content of juveniles with stomach contents > 0.



15. mynd. Fæða, sem rúmmálshlutfall af magainnihaldi urriðaseiða í Dalsá og Fossá í september 2016. N = fjöldi seiða. N_{F>0} = fjöldi seiða með magafyllingu > 0. F_M = meðalmagafylling seiða með magafyllingu > 0.

Figure 15. Food of trout juveniles in Dalsá and Fossá in September 2016 as volume ratio of each food item. N = number of individuals. N_{F>0} = number of trout juveniles with stomach contents > 0. F_M = average stomach content of juveniles with stomach contents > 0.

Algengasta fæða laxa voru vorflugulirfur. Slík var raunin bæði í Dalsá og Fossá, en bitmýslirfur voru mun algengari fæða í Fossá en ekki í Dalsá. Rykmýslirfur voru algengari fæða í Dalsá miðað við Fossá. Sömuleiðis voru sniglar tíðir í mögum laxaseiða í Dalsá en ekki í Fossá. Magafylling urriðaseiða samanstóð mestmegnis af vorflugulirfum sem var algengasta fæðan í báðum ánum. Bitmýslirfur og húsflugulirfur voru algengari fæða í Fossá en í Dalsá var töluvert magn af strandflugulirfum, sniglum sem og ógreindu magainnihaldi í urriðaseiðunum.

4. Umræður

Vatnaflóki (*Didymosphenia geminata*) er einfruma kísilþörungur sem vex ýmist laus við botninn eða á botnföstum stilk sem fruman hefur myndað frá öðrum enda frumurnar. Mismunandi er eftir umhverfisaðstæðum hversu langir stilkarnir geta orðið, en þeir geta orðið mjög langir og greinóttir. Einfruma kísilþörungur fjölga sér aðallega með frumuskiptingu og við það greinast stilkarnir. Það eru stilkarnir sem eru uppistaðan í ljósleitum breiðunum sem myndast þegar ofvöxtur verður hjá tegundinni, en frumur kísilþörunganna vaxa yst á stilkunum sem mynda breiðurnar. Kjöraðstæður fyrir vöxt vatnaflóka eru taldar vera lágur styrkur uppleysts fosfórs (P) í vatni á móti háum styrk af uppleystu ólífrænu köfnunarefni (N) og þar af leiðandi háu hlutfalli N/P. Er talið að stilkarnir geti tekið upp lífrænan fosfór sem nýtist til vaxtar stilka og frumufjölgunar, en þar sem vatnaflóki þrífst best er hlutfallslegur styrkur lífræns fosfórs mun hærri en ólífræns fosfórs. Aukið framboð af ólífrænum fosfór getur jafnvel dregið úr vexti vatnaflóka. Rannsóknir hafa einnig sýnt að aukin birta hefur jákvæð áhrif á vöxt stilka vatnaflókans og að þeir greinist meira við bjartari skilyrði. Algengt er að pH-gildi vatns sé á bilinu 7–8 eða jafnvel hærri þar sem vatnaflóki finnst, sem er eins og mældist bæði í Dalsá og Fossá sumarið 2016. Hitastig lægra en 20°C er að jafnaði er talið kjörhitastig fyrir tegundina. (Whitton, Ellwood og Kawecka 2009, Kilroy og Larned 2016, Kilroy og Bothwell 2012). Því má álykta að umhverfisþættir í íslenskum straumvötnum af bergvatnsuppruna henti alla jafna vel fyrir vöxt vatnaflóka, þá sérstakleg þegar dagsbirta varir stóran hluta sólarhringsins yfir sumarið.

Lítill munur sást á samfélögum þörunga og blábaktería í Dalsá og Fossá í þessari rannsókn. Helsti munurinn var að vatnaflóki óx í Fossá en fannst ekki í Dalsá, en þéttleiki vatnaflóka var lítill í Fossá sumarið 2016, miðað við það sem sést hefur áður fyrr (munlegar heimildir Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson). Niðurstöður mælinga á lífrænu efni steina og á magni blaðgrænu á yfirborði í Fossá voru svipaðar og í Dalsá. Þær gáfu til kynna að lítill munur hafi verið á magni þörunga sem uxu á steinum í Fossá miðað við í Dalsá. Vatnaflóki í Fossá mældist því ekki sem viðbót við magn þörungagróðurs sem óx á steinum þar samanborið við í Dalsá.

Það voru blábakteríur sem einkenndu mest þörungasamfélög bæði í Fossá og Dalsá, það voru ættkvíslir eins og *Nostoc*, *Dichothrix*, *Anabaena* og *Calothrix*. Kísilþörungar af ættkvíslinni *Epithemia* og *Rhopalodia* voru einnig áberandi, en frumur þeirra innihalda stundum blábakteríur sem lifa þá samlífi með kísilþörungunum (Lange-Bertalot o.fl. 2017). Blábakteríur hafa flestar hæfni til að binda köfnunarefni úr andrúmslofti, sem gerir þeim mögulegt að nýta betur þann fosfór sem er í boði, jafnvel þó að styrkurinn sé lágur (Schindler 1977). Hátt hlutfall blábaktería er því vísbending um að köfnunarefni hafi verið takmarkandi fyrir vöxt annarra þörungna bæði í Dalsá og Fossá þegar miðaða er við magn fósfórs og því hafi blábakteríur haft tækifæri til að verða ríkjandi í báðum ám þar sem þær ná að fanga köfnunarefni úr lofti. Hlutfall annarra þörungna af heildarþekju þörungna var mun lægra í báðum vatnsföllum, en þar má nefna grænþörungna af ættkvíslunum *Microspora*, *Spirogyra* og *Stigeoclonium* og kísilþörungna af ýmsum ættkvíslum. Hugsanlega hefði mátt sjá meiri mun milli vatnsfalla með ýtarlegri tegundagreiningum á þessum þörungum og blábakteríum. Til dæmis litu *Nostoc* kúlurnar sem voru á steinum í Dalsá öðruvísi út en í Fossá, séð með berum augum og steinar voru hálli í Dalsá og rauðleitari. Það bendir til að þar hafi verið ólíkar tegundir *Nostoc* ættkvíslar ríkjandi í hvorri á fyrir sig, eða annarra ættkvísla blábaktería eða grænþörungna.

Efna­mælingar eru ekki til fyrir Fossá og Dalsá frá sumrinu 2016. Hins vegar hafa verið gerðar mælingar á næringarefnunum fosfati (PO_4), nitrati (NO_3) og ammóníum (NH_4) í sýnum teknum 5. júlí 2017 af sömu sýnatökustöðum (Hafrannsóknastofnun, óbirt gögn). Einnig hafa verið gerðar mælingar á styrk NH_4 í sýnum frá sömu stöðum sem tekin voru í 2. febrúar 2017, en aðrar efna­mælingar frá þeim tíma hafa ekki verið gerðar að svo stöddu. Í júlí 2017 mældist lítill munur á styrk PO_4 í Fossá (0,43 $\mu\text{mol/l}$) og Dalsá (0,51 $\mu\text{mol/l}$), sama má segja um styrk NO_3 (Fossá 0,105 $\mu\text{mol/l}$ og Dalsá 0,087 $\mu\text{mol/l}$). Styrkur NH_4 var hins vegar mun hærri í Fossá (7,07 $\mu\text{mol/l}$) en Dalsá (0,408 $\mu\text{mol/l}$) í febrúar 2017, en um sumarið 2017 var styrkur NH_4 í Fossá ekki nærri eins mikill og munurinn á milli staða mun minni en um veturinn (Fossá 1,06 $\mu\text{mol/l}$ og Dalsá 0,830 $\mu\text{mol/l}$) (Hafrannsóknarstofnun óbirt gögn). Styrkur NH_4 í Fossá í febrúar 2017 er hár miðað við aðrar mælingar á styrk NH_4 í íslenskum ám (munnleg heimild Eydís Salome Eiríksdóttir 29. október 2018). Aukinn styrkur næringarefna í vatnsföllum stafar oftast af afrennsli frá landbúnaðarsvæðum eða úr fráveitum. Nálægt árbakka um 4 km ofan við sýnatökustaðinn í Fossá er kúabú. Styrkur NH_4 var um sjö sinnum hærri í febrúar 2017 en sumarið eftir, sem er mun meiri munur en sjá mátti á hinum næringarefnunum (PO_4 og NO_3). Mögulegar skýringar eru nokkrar en um þrennt geta verið líklegar skýringar: 1) mjög mikil upptaka NH_4 að sumri, sem lækkar styrk NH_4 að sumri m.v. að vetri, 2) vegna afrennslis af frosnu landi sem borið hefur verið á, og 3) afrennsli úr haughúsi að vetri til. Skýring 1 er ekki mjög líkleg þar sem ekki mældist mikið meira lífrænt efni í Fossá en í Dalsá, auk þess sem PO_4 hefði einnig verið tekið upp í réttu hlutfalli við NH_4 en sú var ekki raunin. Skýring 2 var ekki

líkleg þar sem ekki var úrkoma þegar sýnataka fór fram og þar með ekki líklegt að afrennsli af túnum væri mikið. Skýring 3 er líklegust af þessum þremur þar sem sýninu var safnað um hávetur og hugsanlegt að mikið hafi verið komið í haughúsið í fjósinu á Fossi. Afrennsli beint úr haughúsi er líklegt til að hækka styrk NH_4 meira en annarra næringarefna þar sem það er í miklum styrk í þvagi. Þetta gæti verið skýringin á því af hverju vatnaflóki þrífst í Fossá en ekki í næsta nágreppi, í Dalsá. Líklega hafa hlutföll næringarefna ekki verið hagstæð vatnaflóka sumarið 2016, og því hafi hann ekki náð að mynda eins miklar breiður og stundum hafa sést í Fossá. En framboð næringarefna var þó nægilegt til að þörungurinn viðhélst í ánni og náði að mynda litla hnoðra á steinum hér og þar í júní 2016.

Í ám þar sem vatnaflóki hefur náð miklum vexti og þakið mikinn hluta árbotnsins verða breytingar á umhverfi annarra lífvera sem lifa á sömu svæðum. Rannsóknir hafa verið gerðar á áhrifum ofvaxtar vatnaflóka á hryggleysingja og fiska í ám, en ekki hefur verið sýnt fram á fækkun fiska samhliða auknum lífmassa vatnaflóka (Whitton o.fl. 2009). Aðrar rannsóknir hafa sýnt að þegar verður mikill vöxtur í vatnaflóka sé tilhneiging til að smávaxnari hryggleysingjum eins og rykmý og ánum fjölgi og verði ríkjandi, en stærri tegundir skordýra eða annarra hryggleysingja hopi. Er það talið vera einkum vegna mismunandi leiða þeirra til að nærast. Dýrategundir sem eru skraparar geta étið frumur vatnaflóka og sumar líka stilkana. Fæða fiska sem lifa við þessar aðstæður breytist þar af leiðandi í samræmi við breytingar í fæðuframboði í ánum (Whitton o.fl. 2009).

Í september 2016 virtist vatnaflóki ekki hafa mikil áhrif á þéttleika hryggleysingja sem fundust á árbotni í Fossá, miðað við þéttleika hryggleysingja í Dalsá á sama tíma. Rykmý var ráðandi í báðum ám, en var hlutfallslega algengara í Fossá en Dalsá. Rykmýslirfur eru einn algengasti hópur hryggleysingja í ám og vötnum á Íslandi og víðsvegar í norðanverði Evrópu (Þóra Hrafnadóttir 2005). Af ókunnum ástæðum voru bitmýslirfur heldur algengari í Dalsá en Fossá, að öðru leyti voru grófflokkuð samfélög hryggleysingja samskonar í báðum ám. Niðurstöður úr rafveiði gáfu ekki til kynna mun á milli ána í seiðabúskap laxa og urriða, miðað við seiðapéttleika og vöxt seiða. Samkvæmt greiningu magasýna var rúmmálshlutdeild vorflugulirfa langhæst í maga seiða í báðum ánum. Vorflugulirfur voru þó í mun minni þéttleika á steinum sem hryggleysingjar voru taldir af, en rúmmál hvernar vorflugulirfu er þó miklu meira en rykmýslirfu. Það er því hagstæðara fyrir seiðin að éta vorflugur en rykmý ef hægt er að velja á milli. Það kom á ávart að hlutdeild bitmýs í mögum seiða var hærri í Fossá þar sem þéttleiki bitmýslirfa var lægri en í Dalsá. Af þessu má álykta að sumarið 2016 hafi vatnaflóki í Fossá haft lítil áhrif á lífverur sem voru ofar í fæðukeðjunni, enda var lítið af honum þetta sumar miðað við það sem getur orðið.

Ofvöxtur vatnaflóka sem leiðir til myndunar þykkra motta á árbotninum, getur haft neikvæð áhrif á athafnir manna, s.s. við fiskveiðar eða vatnasport. Þetta hefur valdið áhyggjum á Nýja Sjálandi og í Norður Ameríku, en í Evrópu hefur vandinn ekki verið eins mikill. Slíkar þykkar vatnaflókamottur þurfa ekki að vera árvissar og vel er þekkt að þær hverfi nánast alveg um tíma en geta svo komið aftur síðar (Whitton o.fl. 2009). Helstu forvarnir í löndum þar sem vatnaflóki hefur verið vandamál er fræðsla til almennings og stuðla að því að fólk beri ekki smit á milli vatnsfalla með þeim hlutum eða útbúnaði sem það notar við athafnir eins og veiðar eða siglingar (Spaulding og Elwell 2007). Slíkar forvarnir hafa verið litlar hérlandis.

Ekki er vitað nákvæmlega hvað veldur því að ofvöxtur hleypur stundum í vatnaflóka nú til dags sem þekktist ekki áður fyrr eða af hverju dreifing tegundarinnar með þessum eiginleikum breyttist um eða upp úr 10. áratug síðustu aldar. Margar rannsóknir hafa verið gerðar síðustu tvo áratugi til að reyna að skýra hvað valdi, án þess að endanlegt svar hafi enn fundist. Niðurstöður þessarar rannsóknar svöruðu heldur ekki þeim spurningum sem lagt var upp með, um það hverjar væru ástæður fyrir vexti vatnaflóka á síðustu áratugum á Íslandi og hvað ræður því hvar hann vex og hvar ekki. Þótt vatnaflóki hafi verið í nokkrum þéttleika í Fossá var hann ekki það mikill að búast mætti við miklum áhrifum á aðrar lífverur. Líklega væri kominn vatnaflóki í Dalsá ef eingöngu þyrfti að bera þörunginn á milli vatnsfalla. Vatnaflóki óx ekki neðst í Dalsá, ofan ármóta hennar og Fossár. Þessari rannsókn tókst ekki að svara af hverju það er. Niðurstöður efnamælinga Hafrannsóknastofnunar árið 2017 gáfu vísbendingar um að munur væri á milli vatnsfalla í framboði og hlutföllum ammóníum auk annarra næringarefna yfir veturinn og fram á vor. Það að hlutföll og framboð næringarefna í Fossá hafa verið nógu oft þannig að vatnaflóki geti nýtt sér þau til vaxtar og viðhalds, var helsta skýringin sem fannst á því hvers vegna vatnaflóki vex í Fossá en ekki í Dalsá sem rennur þar í næsta nágrenni.

Þakkarorð

Fiskræktarsjóður styrkti rannsóknina. Guðmunda Þórðardóttir, Paula C. Furey og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir aðstoðuðu við sýnatökur, auk þess sem Ragnhildur sá um allar blaðgrænumælingar. Fjóla Rut Svavarsdóttir las einnig yfir skýrsluna og kom með gagnlegar ábendingar. Þeim er öllum þakkað fyrir þeirra framlag.

5. Heimildir

Gunnar Steinn Jónsson, Ingi Rúnar Jónsson og Sigurður Már Einarsson. (1998). *Rannsókn á útbreiðslu kísilþörungsins vatnaflóka (Didymosphenia geminata) í ám á Íslandi 1997*. Hollustuvernd ríkisins og Veiðimálastofnun. 29 bls.

Ingi Rúnar Jónsson, Gunnar Steinn Jónsson, Jón S. Ólafsson, Sigurður Már Einarsson og Þórólfur Antonsson. (2010). *The colonization of the invasive diatom Didymosphenia geminata in Icelandic rivers*. Conference paper.

Ingi Rúnar Jónsson og Guðni Guðbergsson. (1996). *Gilsfjörður 1996: Rannsóknir á laxfiskum í Gilsfirði og ánum sem í hann renna*. Veiðimálastofnun. VMST-R/96016X. 20 bls.

Kilroy, C. og Bothwell, M. L. (2012). *Didymosphenia geminata* growth rates and bloom formation in relation to ambient dissolved phosphorus concentration. *Freshwater Biology*. 57: 641–653.

Kilroy, C. og Larned, S.T. (2016). Contrasting effects of low-level phosphorus and nitrogen enrichment on growth of the mat-forming alga *Didymosphenia geminata* in an oligotrophic river. *Freshwater Biology*. 61: 1550–1567.

Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M. og Cantonati M. (2017). *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment*. Ritstjórar: Cantonati, M. Kelly M. G. og Lange-Bertalot, H. Koeltz Botanical Books. 942 bls.

Lorenzen, C. K. (1967). Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: Spectrophotometric equations. *Limnology and Oceanography*. 12 (2): 343–346.

Magurran, A. K. (2005). Biological diversity. *Current Biology*. 15 (4): 116 – 118.

Schindler, D.W. (1977). Evolution of phosphorus limitation in lakes. *Science*. 195: 260–262.

Spaulding, S. og Elwell, L. (2007). *Increase in nuisance blooms and geographic expansion of the freshwater diatoms Didymosphenia geminata: recommendations for response*. USGS Open File Report 2007-1425. Útbúið í samvinnu við Federation of Fly Fishers. 33 bls.

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

Veðurstofa Íslands. „Þrýstingur á Kálfhóli á Skeiðum“ [15. júní til 26. september 2016]; tölvupóstur frá Trausta Jónssyni, Veðurstofu Íslands, 10. apríl 2017.

Whitton, B. A., Ellwood, N. T. W. og Kawecka, B. (2009). Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. *Hydrobiologia*. 630: 1–37.

Wintermans, J. F. og Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica Acta*. 109 (2): 448–453.

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



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna