



Áhrif yfirfallsvatns úr Hálslóni á botnlæga þörunga og hryggleysingja í Jökulsá á Dal

Lykilsíða



Skýrsla LV nr: LV-2019-035

Dags: 16. 04. 2019

Fjöldi síðna: 79

Upplag: 8

Dreifing:

- ☒ Birt á vef LV
- ☒ Opin
- ☐ Takmörkuð til

Titill: Áhrif yfirfallsvatns úr Háslóni á botnlæga þörunga og hryggleysingja í Jökulsá á Dal

Höfundar/fyrirtæki: Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elísabet Ragna Hannesdóttir / Náttúrustofa Austurlands og Eydís Salome Eiríksdóttir, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson, Sigurður Óskar Helgason / Hafrannsóknastofnun NA-190185

Verkefnisstjóri: Sveinn Kári Valdimarsson

Unnið fyrir: Landsvirkjun

Útdráttur: Í mati á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar kom fram að lífsskilyrði í Jökulsá á Dal myndu breytast töluvert. Að hluta til myndu aðstæður fyrir lífríki batna en talið var að yfirfall á Kárahnjúkastíflu gæti komið í veg fyrir að lífríki næði stöðugri fótfestu. Markmið þessarar rannsóknar var að kanna hvaða breytingar hafa orðið á Jöklu eftir að áin var stífluð og hvort og þá hvaða áhrif yfirfallsvatn úr Háslóni hefur á vatnalífríki Jöklu. Niðurstöður sýna að lífsskilyrði að sumri virðast vera hagstæðari fyrir botnhryggleysingja eftir að áin var stífluð og jökulvatn hætti að renna um hana árið um kring. Það sést í meiri þéttleika og fjölbreyttari fínu hryggleysingja miðað við grunnrannsóknirnar sem gerðar voru fyrir MÁU árið 2000. Yfirfall hefur hinsvegar talsverð áhrif á lífríki.

Lykilorð: Kárahnjúkar, Fljótsdalsstöð, Jökla, Jökulsá á Dal, vatnalíf, yfirfall, Hverfandi

ISBN nr:

Samþykki verkefnisstjóra
Landsvirkjunar

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Slá", is written over a horizontal line.

Áhrif yfirfallsvatns úr Hálslóni
á botnlæga þörunga og
hryggleysingja í Jökulsá á Dal

 NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS		☐ Egilsstaðir ☒ Neskaupstaður
Skýrsla nr: NA-190185	Dags: Apríl 2019	Dreifing: Opin
Heiti skýrslu (aðal- og undirtitill): Áhrif yfirfallsvatns úr Háslóni á botnlæga þörungum og hryggleysingja í Jökulsá á Dal		Upplag: 8 Síðufjöldi: 79 með viðaukum.
Ljósmynd á forsíðu: Þörungar á árbotni Jökulsár á Dal í júlí. Ljósmynd: Jón Ágúst Jónsson		Fjöldi korta: Kort eru myndir í skýrslu Fjöldi viðauka: 2
Höfundar: Erlín Emma Jóhannsdóttir, Elísabet Ragna Hannesdóttir, Eydís Salome Eiríksdóttir, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson og Sigurður Óskar Helgason		
Unnið fyrir: Landsvirkjun		
Árið 2014 gerði Náttúrustofa Austurlands og Hafrannsóknastofnun, rannsókna og ráðgjafastofnun hafs- og vatna (áður Veiðimálastofnun) úttekt á vatnalífri Jökulsár á Dal (Jöklu) og tveimur hliðarám hennar, Laxá og Hnefilsdalsá. Markmið rannsóknarinnar var að kanna hvaða breytingar hafa orðið á Jöklu eftir að áin var stífluð og hvort og þá hvaða áhrif yfirfallsvatns úr Háslóni hefur á vatnalífri Jöklu. Farnar voru tvær sýnatökuferðir, í júlí, 10 mánuðum eftir yfirfall árið 2013, og svo í október, mánuði eftir yfirfall árið 2014. Tekin voru sýni af botnlægum hryggleysingjum (steina-, spark- og reksýni) og þörungum (steinar). Helstu eðlis- og efnabættir árvatnsins voru mældir og var síritandi hitamælum komið fyrir á hverri stöð í júní og þeir teknir upp eftir síðari sýnatökum. Leiðni, pH gildi og straumhraði var mælt á staðnum og sýni tekin til mælinga á köfnunarefni (N-tot), níttrat (NO₃), ammoníaki (NH₄), kísil (Si), fosfór (P), fosfati (PO₄), heildarmagni lífræns kolefnis (TOC), gruggi og fínu lífrænu efni. Niðurstöður þessarar athugunar sýna að lífsskilyrði að sumri virðast vera hagstæðari fyrir botnhryggleysingja eftir að áin var stífluð og jökulvatn hætti að renna um hana árið um kring. Það sést í meiri þéttleika og fjölbreyttari fínu hryggleysingja miðað við grunnrannsóknirnar sem gerðar voru í ágúst árið 2000. Ánni svipar nú til dæmigerðrar dragár á blágrýtissvæði hvað þéttleika og tegundasamsetningu hryggleysingja varðar, en rykmý og bitmý voru ríkjandi hryggleysingjar á botni árinna. Magn blaðgrænu <i>a</i> mældist fremur lítið í Jöklu bæði í júlí og október og svipar til magns sem finnst í jökulám. Kísilþörungar voru algengasti hópur botnþörungum á flestum stöðvum í báðum sýnatökum. Áhrif yfirfallsvatns á botnlæga þörungum og hryggleysingja voru mest áberandi á efstu stöðvunum í Jöklu. Magn blaðgrænu <i>a</i> og þéttleiki hryggleysingja, þörungum og blábaktería var marktækt minni í október eftir yfirfall en í júlí. Minni þéttleiki gæti stafað af yfirfallinu en einnig verður að líta til þess að lífræn virkni er minni á haustin en á sumrin, sem gæti valdið þessari breytingu milli sýnatökumánaða. Þéttleiki hryggleysingja og blaðgrænu <i>a</i> var þó meiri í október en júlí í viðmiðunaránum sem gæti bent til að fækkunin í Jöklu stafi af áhrifum frá yfirfallinu. Vaxtartímabil botnþörungum var styttra í efri hluta Jöklu vegna lægri vatnshita og verri birtuskilyrða, sem gæti hafa haft áhrif á þéttleika hryggleysingja. Breytingar á tegundasamsetningu hryggleysingja og kísilþörungum milli sýnatökumánaða gáfu til kynna að margar tegundir hafi skolast burt eða horfið með öðrum hætti eftir sýnatöku í júlí og fyrir sýnatöku í október. Hlutföll hryggleysingja hópa breyttust og var bitmý ríkjandi hryggleysingjahópur á efstu stöðvunum í Jöklu eftir yfirfall, í stað rykmýs. Hlutfallslegur þéttleiki sumra kísilþörungum var einnig annar og voru tegundir sem oft eru fyrstar af stað á vorin (landnemattegundir) algengari eftir yfirfall á efstu stöðvum í Jöklu. Þvinguð hnitunargreining (RDA) leiddi í ljós að fínkornótt lífrænt efni og blaðgræna <i>a</i> (lífmassi þörungum), sem er ein aðal fæða rykmýs og bitmýs, sem og vatnshiti útskýrðu 54% breytileikans í tegundasamsetningu hryggleysingja. Vatnshiti útskýrði 20% breytileikans í tegundasamsetningu kísilþörungum.		
Lykilorð: Jökulsá á Dal, Háslón, botnhryggleysingjar, þörungar, yfirfallsvatn, vatnsaflsvirkjun, Kárahnjúkavirkjun		ISSN nr: 2547-7439 (prentuð útgáfa) ISSN nr: 2547-7447 (rafræn útgáfa)
Yfirfarið: KÁ		ISBN nr: 978-9935-9440-8-5 (prentuð útgáfa) ISBN nr: 978-9935-9440-9-2 (rafræn útgáfa)

English summary

Kárahnjúkar Power Plant is the largest hydropower project in Iceland. Every year since 2007 glacial water from Háslón reservoir flows over the Kárahnjúkar dam into the glacial river, Jökulsá á Dal, in late summer or autumn. In 2014, the East Iceland Nature Research Centre and Marine and Freshwater Research Institute studied the biota of River Jökulsá á Dal and two non-glacial tributaries, River Hnefilsdalsá and River Laxá. The aim of the study was to investigate changes in community structure of benthic macroinvertebrates in the glacial River Jökulsá á Dal after the Kárahnjúkar dam was built. Also, to investigate the ecological impacts of the overflow from the Háslón reservoir on benthic macroinvertebrates and algae, downstream of the reservoir.

Sampling was carried out at seven sites before (July) and after (October) the overflow, five in Jökulsá á Dal and one in each of two tributaries. Samples of benthic macroinvertebrates (stone-, kick- and drift samples) and benthic algae (stone samples) were collected at each site and chlorophyll *a* was also measured both in field and laboratory. Physical components were measured, and water samples were determined for chemical composition.

Our results demonstrate that the conditions in R. Jökulsá á Dal have improved considerably for benthic macroinvertebrates after the Kárahnjúkar dam was built and glacial water discontinued flowing there all the year. Density and diversity of benthic macroinvertebrates was higher in 2014 compared to a study carried out in August 2000 before the dam was built. The benthic macroinvertebrate fauna was dominated by Chironomidae and Simuliidae. Chlorophyll *a* in R. Jökulsá á Dal was low and the main algal group was diatoms both in July and October.

After the overflow ceased in 2014, the density and diversity of benthic invertebrates, closest to the dam, was significantly lower in October than in July. The density of the algae and the concentration of chlorophyll *a* was also lower after the overflow had ceased in October. The density of benthic invertebrates and chlorophyll *a* was significantly higher in October than in July in the two non-glacial tributaries. The benthic macroinvertebrate fauna was sparse after the overflow, with few species left. The diatom fauna was also less diverse in October than July, as many species had disappeared and species that are often seen in rivers in spring were dominant. However, recolonization of benthic invertebrates and algae in R. Jökulsá á Dal seems to be relatively fast after overflow. Redundancy analysis (RDA) revealed that food sources for the dominating invertebrate groups (Chironomidae and Simuliidae) i.e. fine particular organic matter, algal biomass (Chlorophyll *a*) as well as water temperature explained 54% of the variance in the macroinvertebrate species composition in the rivers. Water temperature explained 20% of the variance in the diatom species composition.

Keywords: Jökulsá á Dal, Háslón, overflow water, benthic macroinvertebrates, benthic algae, hydropower dams, Kárahnjúkar

Efnisyfirlit

Myndaskrá	vii
Töfluskra	ix
1. Inngangur	10
2. Efni og aðferðir	11
2.1 Sýnatökustöðvar	11
2.2 Gagnaöflun og úrvinnsla sýna	13
2.3 Umhverfisbreytur	13
2.3.1 Straumhraði	13
2.3.2 Efnainnihald, lífræn efni (FPOM) og grugg í árvatni	14
2.3.3 Leiðni, pH gildi og hiti árvatns.....	14
2.4 Blaðgræna, þörungar og blábakteríur	15
2.4.1 Blaðgræna	15
2.4.2 Þörungar og blábakteríur (grófflokkun)	16
2.4.3 Greining kísilþörungna til tegunda (finflokkun)	17
2.5 Botnlægir hryggleysingar	18
2.6 Hryggleysingar í reki	19
2.7 Töluleg úrvinnsla	20
3. Niðurstöður	22
3.1 Umhverfisbreytur	22
3.2 Blaðgræna	28
3.3 Þörungar og blábakteríur	29
3.3.1 Kísilþörungar	33
3.3.2 Skyldleiki stöðva og tengsl kísilþörungna við umhverfisbreytur	37
3.4 Botnlægir hryggleysingar	40
3.5 Hryggleysingar í reki	56
3.6 Skyldleiki stöðva og tengsl botnhryggleysingja við umhverfisbreytur	51
4. Umræður	57
4.1 Vatnshiti og styrkur næringarefna í Jökulsá á Dal	57
4.2 Samfélög botnhryggleysingja fyrir og eftir virkjun Jökulsár á Dal	59
4.3 Áhrif yfirfallsvatns úr Háslóni á vatnalífriki Jöklu	61
4.3.1 Þéttleiki botnhryggleysingja og magn blaðgrænu <i>a</i> fyrir og eftir yfirfall	61
4.3.2 Tegundasamsetning hryggleysingja og þörungna fyrir og eftir yfirfall	63
4.3.3 Áframhaldandi rannsóknir	67

5. Þakkir	67
Heimildir	68
Viðaukatafla I – Tegundir og tegundahópar kísilþörungna.	73
Viðaukatafla II – Tegundaheiti botnhryggleysingja og skammstöfun	79

Myndaskrá

1. mynd. Yfirlit yfir sýnatökustöðvar í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá.	12
2. mynd. Styrkur næringarefna og grugg í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	24
3. mynd. Styrkur fínkornóttis lífræns efnis í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október.	25
4. mynd. Vatnshiti í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá.	26
5. mynd. Vatnshiti (sólarhringsmeðaltöl) í Jökulsá á Dal, Laxá og Hnefilsdalsá áður og eftir að Háslón fór á yfirfall 2014.	27
6. mynd. Heildarmagn blaðgrænu a , mæld með HACH Lange DR5000 litrófsmæli, á steinum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	28
7. mynd. Heildarmagn blaðgrænu a, mælt með BenthosTorch flúrmæli, á steinum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	29
8. mynd. Hlutfall hópa grænþörungna, kísilþörungna og blábaktería á steinum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014, mælt með BenthosTorch flúrmæli.	29
9. mynd. Meðalþéttleiki (fjöldi/cm ²) þörungna og blábaktería í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá árið 2014.	30
10. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki hópa þörungna og blábaktería í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	31
11. mynd. Hlutfallsleg þekja hópa þörungna og blábaktería í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	31
12. mynd. Meðalþéttleiki kísilþörungna á steinum (fjöldi/cm ²) í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	33
13. mynd. Heildarfjöldi tegunda og tegundahópa kísilþörungna og Shannon ('H) fjölbreytileikstuðull fyrir sömu sýni úr Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	34
14. mynd. Tengsl sýnatökustöðva og sýnatökudaga út frá hlutföllum kísilþörungategunda á steinum úr Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	38
15. mynd. Dreifing tegunda og tegundahópa kísilþörungna út frá hnitun sýnatökustöðva með höfuðþáttagreiningu (PCA).	39
16. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingja í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá á steinum í júlí og október. Einnig er sýndur meðalþéttleiki hryggleysingja á steinum í ágúst árið 2000 áður en Jökla var stífluð.	41
17. mynd. Meðalfjöldi hryggleysingja úr sparksýnum í júlí og október.	42
18. mynd. Fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá, á steinum í júlí og október. Einnig er sýndur fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja á steinum í ágúst árið 2000 áður en Jökulsá á Dal var stífluð.	43

19. mynd. Fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá, úr sparksýnum í júlí og október.	44
20. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki (%) mismunandi hópa hryggleysingja á steinum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október..	45
21. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki (%) mismunandi hópa hryggleysingja í sparksýnum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október..	46
22. mynd. Hlutfall rykmýstegunda á fimm stöðum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	50
23. mynd. Hnitun stöðva í Jöklu og viðmiðunaránum úr sýnatökunni í júlí og október.	53
24. mynd. Niðurstöður þvingaðrar hnitunargreiningar (RDA) með samkeyrslu á gögnum um þéttleika botnlægra hryggleysingja og mældra umhverfisbreyta í Jökulsá á Dal, Laxá og Hnefilsdalsá í júlí og október 2014. Sýndar eru þær umhverfisbreytur sem reyndust marktækar og hvernig tegundir/hópar botnlægra hryggleysingja raðast í hnituninni. ...	55
23. mynd. Hlutföll helstu hópa hryggleysingja í reksýnum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.	56
26. mynd. Árstíðabundinn styrkur næringarefna í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga í sýnum sem safnað var á tímabilinu 2007 – 2013 samanborið við styrk efna í október og júlí 2014. .	58
27. mynd a-d. Árbotn á sýnatökustað JD2 í júlí a) og október b) og Hnefilsdalsá í júlí c) og október d).	62

Töfluskrá

<i>Tafla 1. Staðsetning sýnatökustöðva í Jökulsá á Dal, Laxá og Hnefilsdalsá.</i>	<i>13</i>
<i>Tafla 2. Umhverfisbreytur á fimm stöðvum í Jökulsá á Dal og í viðmiðunarám, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.</i>	<i>22</i>
<i>Tafla 3. Niðurstöður efnagreininga og gruggs í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.</i>	<i>23</i>
<i>Tafla 4. Listi yfir ættkvíslir þörungna og blábaktería sem fundust við talningar og skönnun yfir sýni frá sýntökustöðvum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.</i>	<i>32</i>
<i>Tafla 5. Tegundir eða tegundahópar kísilþörungna í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.</i>	<i>35</i>
<i>Tafla 6. Meðalþéttleiki hryggleysingja á steinum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.</i>	<i>47</i>
<i>Tafla 7. Meðalþéttleiki hryggleysingja í sparksýnum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá. ..</i>	<i>48</i>
<i>Tafla 8. Yfirlit yfir Shannons fjölbreytni og jafnræðisstuðul Pielous fyrir hryggleysingja á steinum í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október árið 2014.</i>	<i>51</i>
<i>Tafla 9. Bray-Curtis skyldleikareikningar fyrir stöðvar í Jökulsá á Dal og viðmiðunarstöðvar í júlí og október 2014.</i>	<i>52</i>
<i>Tafla 10. Umhverfisbreytur sem höfðu marktæk áhrif sem skýribreyta í þvingaðri hnítunargreiningu (RDA) á tegundasamsetningu botnlægra hryggleysingja í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014.</i>	<i>54</i>

1. Inngangur

Að beiðni Landsvirkjunar hafa Náttúrustofa Austurlands og Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna (áður Veiðimálastofnun) rannsakað áhrif Fljótsdalsstöðvar og yfirfallsvatns úr Hálslóni á lífríki Jökulsár á Dal. Fyrir tilkomu Kárahnjúkastíflu rann jökulvatn um farveg Jökulsár á Dal (Jöklu) allan ársins hring og var hún með mestu vatnsföllum á Íslandi. Farvegur Jöklu er um 150 km langur og vatnsviðið um 3.700 km², þar af nær 900 km² á Vatnajökli (Sigurjón Rist, 1990). Vinna við byggingu Kárahnjúkastíflu hófst árið 2003 en árið 2006 var lokað fyrir hjáveitugöng og vatni safnað í Hálslón. Við það breyttist áin að mestu í dragvatnsá utan yfirfallstíma lónsins, og er hún líklega sú dragá sem hefur stærsta vatnasviðið á Íslandi (Guðni Guðbergsson og Eydís Njarðardóttir 2018). Árvatnið á uppruna sinn úr hliðarám og lækjum á vatnasviðinu. Þegar vatnsborð Hálslóns nær yfirfallshæð (625 m.y.s.) steypist jökulvatnið yfir stíflu lónsins og rennur um árfarveg hennar og hefur það gerst á hverju ári frá því að Hálslón fylltist í fyrsta sinn árið 2007. Breytilegt er hvenær það gerist og hversu lengi yfirfallið stendur, en oftast er það síðsumars en stundum að hausti. Árið 2014 þegar rannsókn þessi var gerð fór yfirfallsvatn að flæða yfir stífluna að morgni 1. september. Í fyrstu var yfirfallið lítið og stopult en síðdegis var rennslið orðið 8,16 m³/s við Hjarðarhaga. Yfirfallið náði hámarki 11. september og var þá 210 m³/s (Vilberg Kristinsson, munnleg heimild, 19.12.2017). Vatn úr Hálslóni hætti að renna um Jöklu þann 17. október.

Grunnrannsóknir í Jökulsá á Dal fóru fram árið 2000 fyrir virkjun þegar mat var lagt á umhverfisáhrif Kárahnjúkavirkjunar. Markmið þeirrar rannsóknar var að afla vistfræðilegra gagna á vatnasviði Jökulsár á Dal, lýsa helstu dýrasamfélögum og tengslum þeirra við umhverfið. Niðurstöður mats á umhverfisáhrifum voru m.a. þau að búist var við „að lífsskilyrði neðan Hafrahvammagljúfurs yrðu betri fyrri hluta sumars en fyrir virkjun en að þau yrðu þó óstöðug á ársgrundvelli og rýr vegna mikilla sveiflna í rennsli og gruggmagni af völdum yfirfallsvatns“ (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001).

Markmið þessarar rannsóknar sem gerð var árið 2014 í Jökulsá á Dal og tveimur hliðarám hennar er að svara eftirfarandi:

Hvaða breytingar hafa orðið á tegundasamsetningu og þéttleika botnlægra hryggleysingja í Jökulsá á Dal eftir að áin var stífluð?

Hver eru áhrif yfirfallsvatns á samfélög botnlægra hryggleysingja og þörunga í Jökulsá á Dal?

Tekin voru sýni af botnlægum þörungum og hryggleysingjum úr ánum og ýmsir umhverfisþættir skráðir og mældir bæði fyrir og eftir yfirfall. Ekki voru tekin sýni af þörungum í grunnrannsóknunum árið 2000, en það var gert 2014. Haft skal í huga að þörungar ásamt öðrum frumbjarga lífverum gegna óneitanlega lykilhlutverki í vistkerfum straum- og stöðuvatna. Þörungar á árbotninum mynda flókin lífræn efni úr einföldum ólífrænum efnum við ljóstillifun og eru frumstig í fæðuvef straumvatna og þar með grunnur að tilveru annarra dýra ofar í fæðukeðjunni (Steinman o.fl., 2007). Mælingar á magni og samsetningu þörunga geta því gefið vísbendingar um lífræna framleiðslu vatnsfalla en þeir þættir sem hafa áhrif á vöxt og viðgang þeirra eru m.a. styrkur næringarefna, hiti, ljósmagn, botngerð og straumur. Samfélög botnlægra hryggleysingja í straumvötnum mótast síðan af lífrænni framleiðslu svæðisins, eðlis- og efnafræðilegum þáttum, framburði lífrænna efna, botngerð, vatnafari og rennslisháttum árinna (Gísli Már Gíslason o.fl., 1998; Jón S. Ólafsson o.fl., 2001; 2002). Miklar

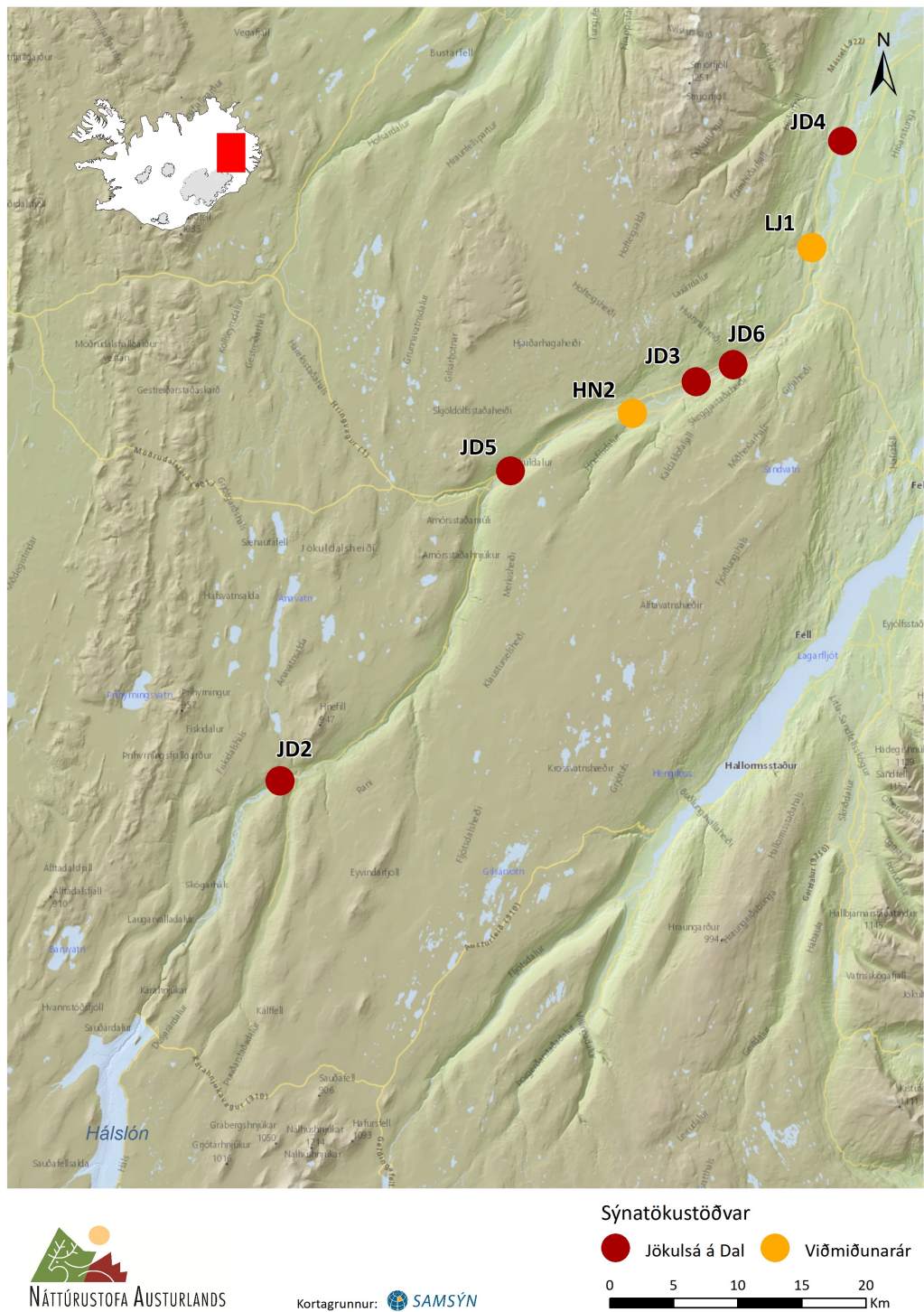
sveiflur geta verið í rennslisháttum straumvatna bæði dægursveiflur (miklar rigningar, snjó- og jökulbráðnun), milli árstíða (leysingar að vori) og ára. Botnhryggleysingar og fiskar sem lifa í ánum aðlaga sig að þessum náttúrulega breytileika í rennsli á hverjum stað.

Sá hryggleysingjahópur sem er algengastur í straum- og stöðuvötnum á Íslandi er rykmý (Chironomidae), hvað varðar þéttleika og fjölda tegunda, en bitmý (Simuliidae) getur einnig verið algengt í straumvötnum, sérstaklega þar sem lífrænt rek er mikið (sjá t.d. Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson, 1985; Jón S. Ólafsson o.fl., 1998; Gísli Már Gíslason o.fl., 1999; Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001; Stefán Már Stefánsson, 2005). Við hrjóstrugar aðstæður líkt og í jökulskotnum straum- og stöðuvötnum og í ám og vötnum á hálendi Íslands er rykmý oft á tíðum eini hryggleysingjahópurinn (t.d. Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001; Hilmar J. Malmquist o.fl. 2003; Lencioni og Rossaro, 2005; Erlín Emma Jóhannsdóttir, 2016). Sýnt hefur verið fram á það að rykmý og bitmý er mikilvæg fæða fyrir laxfiska (t.d. Stefán Óli Steingrímsson og Gísli Már Gíslason, 2002; Hernández o.fl., 2016; Borgstrøm, 2018) og fugla, þá sérstaklega votlendisfugla (t.d. Arnþór Garðarsson og Árni Einarsson 1994; 1997; Arnþór Garðarsson, 2006). Mikill þéttleiki og hátt próteininnihald gerir þessa hópa hryggleysingja ákjósanlegan bita og mikilvægan hlekk í fæðuvefjum straumvatna.

2. Efni og aðferðir

2.1 Sýnatökustöðvar

Sýnum var safnað á sjö stöðvum (1. mynd og tafla 1), þar af fimm stöðvum í Jökulsá á Dal (JD2, JD3, JD4, JD5 og JD6), einni í Laxá (LJ1) og einni í Hnefilsdalsá (HN2) sem eru hafðar til samanburðar. Laxá og Hnefilsdalsá eru hliðarár sem renna í Jökulsá á Dal. Sýnatökustöðvarnar voru á sama stað og í rannsóknunum árið 2000 þar sem áhrif fyrirhugaðrar virkjunar við Kárahnjúka á vatnalífriki voru metin (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001). Í rannsókninni 2014 var bætt við tveimur stöðvum í Jökulsá á Dal, JD5 og JD6. Ein af stöðvunum sem tekin var árið 2000 (JD3), og stóð til að endurtaka sýnatökur á, var á þurru í júlí 2014 og því þurfti að finna nýjan stað á svipuðum slóðum til að safna sýnum á. Efsta stöðin í Jökulsá á Dal (JD2) var fyrir ofan Brú, næsta stöð þar fyrir neðan var við Skjöldólfsstaði (JD5), þá kom stöð við Hvanná (JD3), litlu neðar var stöð JD6 og neðsta stöðin var neðan við Hallgeirsstaði (JD4). Stöð LJ1 í Laxá var ofan brúar við Fossvelli og stöð HN2 í Hnefilsdalsá var neðan við brú (1. mynd og tafla 1).



1. mynd. Yfirlit yfir sýnatökustöðvar í Jökulsá á Dal (JD2 – JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) (Samsýn, 2019).

Tafla 1. Staðsetning sýnatökustöðva í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Laxá (LJ1) og Hnefilsdalsá (HN2), staðarlýsing og hnit (hddd°mm.mmm', WGS 84). Sýnatökustöðvum í Jökulsá á Dal er raðað frá efstu til neðstu stöðvar.

Vatnsfall	Stöð	Staðarlýsing	N	W
Jökulsá á Dal	JD2	fyrir ofan Brú	N 65° 06.258'	W 015° 32.601'
Jökulsá á Dal	JD5**	við Skjöldólfsstaði	N 65° 18.766'	W 015° 07.635'
Jökulsá á Dal	JD3*	við Hvanná	N 65° 21.915'	W 014° 48.535'
Jökulsá á Dal	JD6**		N 65° 27.181'	W 014° 34.737'
Jökulsá á Dal	JD4	n.v. Hallgeirsstaði	N 65° 31.691'	W 014° 31.655'
Laxá	LJ1	ofan brúar v. Fossvelli	N 65° 27.301'	W 014° 35.836'
Hnefilsdalsá	HN2	n.v. brú	N 65° 20.840'	W 014° 55.036'

* Sýnatökustaður úr umhverfismati árið 2000 var á þurru. Nýr staður fundinn á svipuðum slóðum.

** Viðbótar sýnatökustöðvar, samanborið við sýnatökustöðvar sem teknar voru í umhverfismati árið 2000 (Hilmar J. Malmquist o.fl. 2001).

2.2 Gagnaöflun og úrvinnsla sýna

Sýnum var safnað tvisvar, 29.–31. júlí og 27.–30. október 2014. Fyrri sýnatakan fór fram áður en Háslón fór á yfirfall, en seinni sýnatakan var framkvæmd eftir að yfirfallsvatn hætti að streyma niður ána. Hnit allra stöðva voru tekin með GPS tæki neðst á hverri stöð. Hæll var rekinn þar niður og málband lagt 20 m upp með bakkanum frá hælum sem afmarkaði sýnatökusniðið. Breidd árfarvegjar (m) var mæld með Leica LRF 900 Scan fjarlægðarmæli í fyrri sýnatökunni. Breidd sniðs (m) var skráð, þ.e. hversu langt athuganir náðu út í ána, en yfirleitt var miðað við að fara ekki út í dýpra vatn en sem næði upp að hnjám. Botngerð var lýst á hverri sýnatökustöð þegar sýnum var safnað í júlí og athugasemdir skráðar á nokkrum stöðvum í október. Ljósmyndir voru teknar af hverri sýnatökustöð, auk þess sem teknar voru myndir af árbotni, en til þess voru notaðar vatnsmyndavélar (Canon Powershot D20, Canon Powershot D30 og Nikon AW 110).

Botnlægum þörungum og hryggleysingjum var safnað tilviljanakennt innan skilgreinds sniðs. Tilviljanatölur voru notaðar til að finna út hnit sýnatökustaðar, þar sem y hnitíð táknaði fjarlægð í metrum (frá 0–20 m) samsíða árbakkanum og x hnitíð táknaði hlutfall (%) af breidd skilgreinds sýnatökusniðs.

2.3 Umhverfisbreytur

Samfélög botnlægra þörunga og hryggleysingja mótast af hinum ýmsu umhverfisþáttum og var leitast eftir því að afla þeirra umhverfisbreyta sem hafa mest mótandi áhrif á þau samfélög.

2.3.1 Straumhraði

Straumhraði (m/s) var mældur með straumhraðamæli (SonTek Flowtracker, handheld ADV) í þversniði yfir ána þar sem því var við komið, en þar sem áin var óvæð var straumhraði mældur

á tilviljunarhnitum. Þegar straumhraði var mældur á þversniði var reynt að ná 10–12 mælingum með reglulegu millibili milli árbakka. Dýpi var einnig mælt á hverjum punkti þar sem straumhraði var mældur. Straumhraði var mældur ýmist við botn eða 40% frá botni, þar sem meðalstraumhraða er að finna. Rennsli (m^3/s) er reiknað sem summan af margfeldi straumhraða (m/s) og flatarmáls (m^2) hvers mælibils í þversniðinu, þar sem flatarmál byggir á mælingum á dýpi og breidd milli mælistöðva. Ekki reyndist unnt að mæla straumhraða þvert yfir Jökulsá á Dal á þeim stöðvum sem staðsettar voru neðan við Brú á Jökuldal þar sem áin var óvæð. Til þess að fá einhverja hugmynd um rennslisálag á þessum stöðvum var því ákveðið að mæla straumhraða á tilviljanahnitum og sömu hnit voru notuð og sýni af botnlægum hryggleysingjum voru tekin á.

Í júlí var straumhraði mældur á fimm stöðvum, ýmist á hverju hnit, þvert yfir vatnsfallið eða hvoru tveggja. Straumhraði var ekki mældur á tveimur stöðvum (JD4 og JD6) í júlí. Á stöð JD6 voru iðustraumar áberandi og því engar mælingar gerðar.

Í október var straumhraði mældur á þversniði á þeim stöðvum þar sem hægt var að vaða út í og krapí var ekki of mikill, en á öðrum stöðvum var mælt á hnitum. Engar straumhraðamælingar voru gerðar á stöð JD4 í október vegna krapa í ánni, sem var talið trufla mælingarnar. Á stöð JD6 voru iðustraumar áberandi og eingöngu þrjár mælingar gerðar á straumhraða þar.

2.3.2 Efnainnihald, lífræn efni (FPOM) og grugg í árvatni

Eitt vatnssýni var tekið til efnagreininga á hverri stöð. Vatn var sogað upp í sprautu og síuhalda með GF/F glertrefjasíu (Whatman® Glass microfiber filters, GF/F, 25 mm þvermál) komið fyrir á enda sprautunnar. Mæliglas (50 ml) sem búið var að þvo með veikri sýru og láta standa í afjónuðu vatni í 2 klst, var skolað í tvígang með síuðu árvatni áður en endanlegt sýni var sett í glasið. Vatnssýnum var komið fyrir í frysti á Egilsstöðum í lok hvers sýnatökudags eða geymd utandyra (við frostmark) uns þau voru sett í frysti. Að sýnatöku lokinni voru sýnin flutt til Reykjavíkur og geymd í frysti (við -20°C). Sýnin voru síðar send til ALS-Scandinavia í Svíþjóð til efnagreininga á heildar köfnunarefni (N-tot), nitrati (NO_3), ammoníaki (NH_4), kísil (Si), fosfór (P), fosfati (PO_4) og heildarmagni lífræns kolefnis (TOC). Þessi næringarefni voru valin þar sem þau eru ein helstu næringar- og byggingarefni frumframleiðenda í ám og vötnum (Wetzel, 2001) og geta þar af leiðandi mótað samfélög botnhryggleysingja í straumvötnum. Grugg (FNU) var einnig mælt í sýnunum en það getur haft áhrif á vöxt og viðkomu þörungum.

Eitt vatnssýni til mælinga á fínu lífrænu efni (FPOM, fine particulate organic matter), var tekið á hverri stöð. Plastflöskur (1 l), sem búið var að skola með eimuðu vatni, voru skolaðar með árvatni í tvígang og svo fylltar. Vatnssýni voru geymd úti meðan á sýnatöku stóð, en voru svo flutt til Reykjavíkur til geymslu í frysti á Hafrannsóknastofnun þar sem unnið var úr þeim. Fínt lífrænt efni er undirstaða fæðu fyrir þá hryggleysingja sem eru síarar, líkt og bitmýslirfur.

2.3.3 Leiðni, pH gildi og hiti árvats

Mælingar á rafleiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$ @ 25°C), sem er mælikvarði á heildarstyrk uppleystra jóna í vatni, pH gildi og vatnshita voru gerðar á hverri sýnatökustöð með leiðnimæli (YSI-EC 300) og pH mæli (YSI-PH 100). Áður en að mælingarnar voru gerðar var búið að kvarða mælana með bufferum (pH: 7.00 og 10.01, leiðni: $1413 \mu\text{S}/\text{cm}$). Í júlí var vatnshiti mældur með pH og

leiðnimælum úti í ánni, en í október var árvatni safnað í fötu og pH og leiðni mælt á bakka, þar sem vatnshiti var skráður á sama tíma. Ekki var unnt að leiðrétta leiðnimælinn við 25°C.

Síritandi hitamæli (TidbiT v2 UTBI-001, Onset HOBO® Data Loggers, USA) var komið fyrir á hverri sýnatökustöð 10. júlí 2014. Mælarnir skráðu vatnshita á 15 mínútna fresti. Hitamælinum var komið fyrir í stálhólki og festur með vír í múrbolta, sem festur var við bakkann. Dagana 29.–31. júlí þegar júlí sýnatakan fór fram var kannað hvort síritandi hitamælar væru virkir, en gögnum var ekki hlaðið niður þá. Í október sýnatökunni voru síritandi hitamælar fjarlægðir og gögnum hlaðið niður. Vatnshiti og lofthiti eru þekktar áhrifabreytur varðandi útbreiðslu rykmýstegunda og kísilþörungum (t.d. Lotter, o.fl., 1997, 1998).

2.4 Blaðgræna, þörungar og blábakteríur

2.4.1 Blaðgræna

Mælingar á blaðgrænu *a* voru framkvæmdar á staðnum, með BenthosTorch flúrljómun (bbe Moldaenke®), sem gefur heildarmagn blaðgrænu *a* ($\mu\text{g cm}^{-2}$). Mælirinn sendir frá sér ljós og er endurkast þess af mismunandi bylgjulengdum notað til útreikninga á magni blaðgrænu *a*. Nákvæmni mælinga á blaðgrænu með flúrmælinum er upp á 0,1 $\mu\text{g Chl-a/cm}^2$. BenthosTorch mælirinn skiptir mældri blaðgrænu *a* upp í þrjá hópa út frá endurkasti af mismunandi bylgjulengdum, í grænþörungum, kísilþörungum og blábakteríum. Mælingar voru gerðar á hverju hniti, þar sem mælt var þrisvar á hverjum steini, þ.e. samtals 30 mælingar á stöð. Sneitt var hjá steinum þar sem mosi eða háplöntur voru áfastar, en mælingarnar miðast við mat á magni blaðgrænu *a* úr þörungum. Mælingarnar voru vistaðar í tækinu og hlaðið niður í tölvu við heimkomu. Í júlí bilaði BenthosTorch mælirinn þegar búið var að mæla 8 steina af 10 á stöð JD5 í Jökulsá á Dal. Sökum bilunarinnar var ekki hægt að mæla blaðgrænu á stöð JD2 í júlí.

Blaðgræna *a* var einnig mæld með því að safna þörungasýnum af steinum af árbotninum. Tíu steinum á hverri stöð var safnað á sömu hniti og steinasýnum til hryggleysingjarannsókna var safnað. Steinar voru fjarlægðir af árbotni og forðast var að koma við efra borð steinanna þar sem þörungar vaxa. Plastrammi (24 × 36 mm) var lagður á efra borð hvers steins og burstað innan hans með litlum vírbursta og skolað af með eimuðu vatni í plastbakka. Innihaldi plastbakkans var komið fyrir í síunarbúnaði og síað í gegnum GF/C glertrefjasíur (Whatman™ Glass microfiber filters, GF/C™, 47 mm þvermál), með handdælu eða rafmagnsdælu. Að síun lokinni var glertrefjasían tekin, brotin saman og lögð á handþurrku til að þerris. Þá var síunni rúllað varlega saman og komið fyrir í frostþolnu tilraunaglassi (Thermo Fisher Scientific CryoTube™ Vials 1,8 ml) sem fryst var í fljótandi köfnunarefni (-196°C). Sýnin voru geymd í köfnunarefninu í flutningum til Reykjavíkur. Eftir það voru sýnin sett í frysti (-20°C) og geymd þar þangað til að sýnin voru mæld.

Til að mæla magn blaðgrænu á glertrefjasíunum var byrjað á því að setja 6 ml af 96% etanóli á sýnin til að leysa upp blaðgrænuna og láta sýnin standa varin fyrir ljósi í kæli (4°C) í 24 klst. Eftir það voru sýnin spunnin niður í skilvindu í um 5 mínútur á 3000 snúninga á mínútu til að losna við óhreinindi úr sýninu. Að því loknu voru 4 ml af hverju sýni teknir með pípettu og settir í 10x10 mm kúvettu til mælinga á ljósgleypni. Ljósgleypnin var mæld með HACH Lange DR5000 litrófsmæli við 665 nm og 750 nm bylgjulengd (mælinákvæmni 0,001 $\mu\text{g Chl-a/cm}^2$). Fyrri bylgjulengdin nemur einkum ljós sem endurkastast af þörungum (grænuörum) en síðari mælingin er notuð til ákvörðunar á gruggi í lausninni. Það mæligildi er síðan dregið frá ljósgleypninni við 665 nm til að fá magn blaðgrænu *a* í sýninu. Mælirinn var núllstilltur í upphafi

mælinga með hreinni lausn af 96% etanóli. Mælingarnar voru endurteknaðar til að finna út hve mikið af blaðgrænu *a* (grænuhornum) hafi verið virk. Fyrir þá mælingu voru fimm dropar af 0,1 N HCl settir í hverja kúvettu og sýrunni blandað við sýnið með því að velta kúvettunni þrisvar á hvolf. Þetta var gert til þess að koma allri blaðgrænunni yfir á niðurbrotsform (phaeophytin) svo hægt væri að reikna út magn virkrar blaðgrænu í sýninu. Notuð var eftirfarandi jafna til að reikna út magn blaðgrænu *a* í sýnunum af steinum (Lorenzen, 1967, Wintermans og DeMots, 1965):

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

Chl *a* Magn blaðgrænu *a* (µg cm⁻²).

K 2,43 leiðréttingarfasti fyrir sýringu.

A 11,99 gleypnistuðull (µg cm⁻²) fyrir blaðgrænu *a*, sem byggður er á gleypnistuðlum fyrir blaðgrænu *a* í 96% etanóli: 83,4 l/(g·cm)

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

665b Gleypni við 665 nm fyrir sýringu.

665a Gleypni við 665 nm eftir sýringu.

750b Gleypni við 750 nm fyrir sýringu.

750a Gleypni við 750 nm eftir sýringu.

S Flatarmál sýnis (cm²).

l Breidd kúvettu (cm).

2.4.2 Þörungar og blábakteríur (grófflokkun)

Þörungasýni voru tekin af sömu steinum og blaðgrænu *a* sýnin sem mæld voru á rannsóknarstofu. Annar plastrammi var þá settur á 3 af 10 steinum á hverri stöð. Steinar númer 2, 5 og 8 voru teknir fyrir þessa sýnatöku til að láta handahóf ráða vali á sýnum. Burstað var innan rammans með vírbursta og innihaldinu skolað með eimuðu vatni í plastbakka á sama hátt og fyrir blaðgrænu sýnin. Það sem burstað var af hverjum steini var sett í brúnar 100 ml glerflöskur og varðveitt með Lugol joðblöndu með 1% styrkleika, þ.e. um 1 ml (ca. 20 dropar) af Lugol blöndu voru settir í hverja 100 ml af sýni.

Grænþörungar, blábakteríur og kísilþörungar voru taldir og gróflokkaðir til ættkvísla úr þörungasýnum. Byrjað var á því að hrista vel hvert sýni í 30 sekúndur til þess að fá sem jafnasta dreifingu á þörungum og blábakteríum. Þá var tekinn 0,1 ml úr sýninu með pípettu og settur á Palmer-Maloney smásjargler og þekjugler lagt yfir. Brúnum þekjuglersins var lokað með naglalakki til að hindra uppgufun og til að lengja líftíma sýnisins. Frumur grænþörungna, blábaktería og kísilþörungna voru taldar og greindar til ættkvísla undir Leica DM4000 fasasmásjá við 200–400 falda stækkun. Við þessa stækkun sjást minnstu tegundir kísilþörungna illa, en mikið var af þeim í sumum sýnunum (til dæmis *Achnanthes minutissimum*).

Að lágmarki 300 frumur/einingar (þar sem grænuhorn voru til staðar) voru taldar innan talningareita á Palmer-Maloney smásjarglerinu. Við talningar og greiningar var farið eftir tilviljunarkenndum láréttum sniðum, þar sem fjöldi greiningarreita var skráður niður eins og

önnur gildi sem nauðsynleg voru til að uppreikna þéttleika þörunga og blábaktería. Miðað var við að greina a.m.k. 300 frumur/einingar úr hverju sýni. Þráðlaga blábakteríur, t.d. *Anabaena* og *Nostoc*, voru taldar í svokölluðum talningareiningum, þar sem hver eining var skilgreind sem 10 µm langur þráður. Það var gert vegna þess að blábakteríur eru oft mjög smáar. Þéttleiki þörunga (þ.e. grænþörunga, kísilþörunga og blábaktería) var uppreiknaður út frá fjölda þörunga í hlutsýni yfir í þéttleika í upphaflegu sýni eins eftirfarandi formúla sýnir:

$$\text{Þéttleiki þörunga} = \frac{\text{Fjöldi þörunga í hlutsýni}}{\left(\frac{\text{Flatarmál sem sýni var tekið af}}{\left(\frac{\text{Rúmmál hlutsýnis á smásjargleri}}{\text{Rúmmál sýnis}} \right)} \times \frac{\text{Flatarmál sem greint var af í smásjá}}{\text{Flatarmál hlutsýnis á smásjargleri}} \right)}$$

Einnig var metin þekja fruma grænþörunga, kísilþörunga og blábaktería út frá hlutfallslegum þekjumælingum, því að þær eru misstórar og þar af leiðandi er lífrúmmál þeirra mismunandi. Til þess að meta hlutfallslega þekju ættkvísla var notað WhippleGrid reitagler (10 x 10 mm rúðunet með 0,5 mm reitum, NE71 Index Pattern, PYSER-SGI, UK). Reitaglerinu var komið fyrir í augnstykki smásjárinnar til þess að varpa talningarneti yfir sýnið. Fjöldi fruma/eininga sem voru undir netinu þar sem strik þess sköruðust, var talinn til að meta þekjuhlutfall ættkvísla.

Við talningar og greiningar á grænþörungum og blábakteríum til ættkvísla var meðal annars notaðir greiningarlyklar eftir John og fleiri (2011), Biggs og Kilroy (2000), Kelly (2013) og Bellinger og Sigee (2010). Kísilþörungar voru einnig taldir og greindir til ættkvísla við þessa grófflokkun þörunga. Var þá einkum stuðst við vefsíðuna *Diatoms of the United States* (Spaulding, Lubinski og Potapova, 2010). Í niðurstöðum úr grófflokkun þörunga var látið nægja að tilgreina þrjár ættkvíslir stórvaxinna kísilþörunga sérstaklega. Auk grófflokkunar var fíngreining gerð á kísilþörungum og er ýtarlegri umfjöllun um kísilþörunga að finna í kafla 2.4.3.

Áhersla var lögð á að grófflokka grænþörunga, blábakteríur og kísilþörunga frá þremur sýnatökustöðvum í Jöklu (JD2, JD3 og JD4), ásamt sýnum úr viðmiðunaránum tveimur Laxá (LJ1) og Hnefilsdalsá (HN2). Unnið var úr 2 sýnum frá hverri stöð fyrir hvort sýnatökutímabil, nema í júlí frá LJ1 og HN2 þar var talið úr einu sýni vegna tímasparnaðar. Til viðbótar var skannað yfir sýni frá stöðvum JD5 og JD6, 2 sýni fyrir hvort sýnatökutímabil og merkt við ættkvíslir sem sáust í sýnum án talninga.

2.4.3 Greining kísilþörunga til tegunda (fínflokkun)

Kísilþörungafrumur eru umluktar tveimur kísilskeljum sem lokast utan um frumuna líkt og askja sem lokuð er með djúpu loki. Tegundagreiningar á kísilþörungum eru gerðar í smásjá út frá útliti þessara kísilskelja og það gengur betur ef lífrænt efni hefur verið hreinsað innan úr þeim. En um leið eyðast aðrir þörungahópar úr sýnunum. Byrjað var á að skola varðveisluvökvann (Lugol joðlausn) úr sýninu með því að spinna það niður, saga vökvann ofan af botnfallinu með pípettu, bæta eimuðu vatni á sýnið í staðinn og hrista vel upp í því. Þetta var gert tvisvar við hvert sýni og eftir það var reynt að ná sem mestum vökva ofan af botnfallinu. Þá var botnfall sýnisins hreinsað með því að bæta á það um 1 ml af 65% saltpétursýru og sjóða í vatnsbaði við lágan hita (um 70°C). Eftir suðu var saltpétursýran skoluð úr sýninu með því að bæta aftur á það eimuðu vatni, hrista upp í því, spinna það niður og taka flotið ofan af til eyðingar. Þetta var endurtekið nokkrum sinnum þar til pH gildi sýnisins

mældist um 5 eða hærra, því að of súrt sýni varðveitist verr eftir að það hefur verið steyppt á smásjargler. Eftir síðasta spunann var rúmmál sýnis staðlað með því að bæta á það þekktu magni af eimuðu vatni (oftast 5 ml). Sýnið var þá tilbúið til að setja á þekjugler. Ef þéttleiki agna var of mikill á þessu stigi var tekið hlutsýni og það þynnt með eimuðu vatni. Þynningar miðuðust við að leiragnir og kísilþörungar í lausninni gætu dreifst jafnt yfir þekjuglerið í einföldu lagi, þannig að sem minnst skyggði á hverja kísilþörungaskel. Smásjársýni voru útbúin með því að setja 400 µl af sýni á kringlótt þekjugler (15 mm í þvermál). Þekjuglerin voru látin standa yfir nótt og þorna við stofuhita. Þekjuglerin voru síðan steyppt á smásjargler með Naphrax® steypiefni, sem er sérstaklega ætlað fyrir kísilþörungagreiningar (með ljósbrotsstuðul upp á 1,73).

Kísilþörungar voru taldir og greindir í Leica DM4000B fasasmásjá, við 1000 falda stækkun. Við skoðun sýna í smásjá er hægt að fylgjast með hnitum staðsetningar sjónsviðs á smásjarglerinu (eða þekjuglerinu). Til að ná yfir mismunandi dreifingu kísilþörunganna yfir þekjuglerið var miðað við að fylgja sniðum þvert yfir miðju hvers þekjuglers. Ef þéttleiki var mikill í sýnum var stundum talið úr stökum sjónsviðum sem dreifðust yfir þekjuglerið út frá handahófsvöldum hnitum, sem voru valin í Excel. Til að hafa mælikvarða á stærð þess hlutsýnis sem talið var úr, þurfti að skrá öll hnit við upphaf og lok sniða eða telja fjölda sjónsviða sem greint var af. Allir heilir þörungar sem sáust innan sjónsviðsins voru taldir og greindir til tegunda ef mögulegt var. Brottnir þörungar sem vantaði meira en $\frac{1}{8}$ á voru ekki taldir með. Miðað var við að hvert snið sem byrjað var á væri klárað, þ.e. næði þvert yfir glerið eða frá kanti að miðju. Greindar voru um 400 kísilþörungaskeljar úr hverju sýni (sem samsvara 200 frumum). Að meðaltali voru greindar 458 (393–748) skeljar úr hverju sýni. Við tegundagreiningar kísilþörunganna voru notaðar greiningabækur eftir Hofmann, Lange-Bertalot og Werum (2013) og Krammer og Lange-Bertalot (1997a, 1997b, 2004a, 2004b). Auk þess sem stuðst var við vísindagreinar um valdar tegundir kísilþörunganna (t.d. Monnier o.fl., 2012 og Almeida, Craveiro og Calado, 2010) og upplýsingar eins og vefsíðuna *Diatoms of the United States* (Spaulding o.fl., 2010). Við greiningu komu upp ýmis vafaatriði og þurfti því í nokkrum tilvikum að sameina tegundir í hópa við úrvinnslu gagna, svonefnda tegundahópa. Þéttleiki þörunganna í sýni þ.e. fjöldi/cm² var reiknaður út frá þeim fjölda sem fannst í hlutsýninu sem talið var úr í smásjá. Uppreikningar á þéttleika í hlutsýni yfir í þéttleika í upphaflegu sýninu voru gerðir út frá sömu formúlu og fyrir samfélög þörunganna og blábaktería (sjá í kafla 2.4.2). Hlutföll tegunda innan sýnis eru gjarnan notuð þegar tegundasamsetning kísilþörungaflóru er skoðuð til að sjá hvaða tegundir eru einkennandi fyrir hvert sýni. Það er gert með því að finna út hvert hlutfall hversrar tegundar var af heildarfjölda kísilþörunganna sem greindir voru úr sýninu.

2.5 Botnlægir hryggleysingar

Tíu steinasýnum var safnað til rannsókna á botnlægum hryggleysingjum á tilviljanahnitum á hverri sýnatökustöð. Hnefastórum steini var lyft varlega upp af botni og skaftháfi (300 µm möskvi) haldið fyrir neðan til að fanga dýrin sem kynnu að detta af. Steinarnir voru lagðir, eins og þeir lágu á árbotni, í plastfötur sem í var síað árvatn. Háfurinn var hreinsaður í vatninu í fótunni. Steinarnir voru burstaðir með mjúkum uppþvottabursta og vatninu hellt í gegnum 125 µm sigti og komið fyrir í 0,5 lítra sýnatökudósum. Öll hryggleysingjasýnin voru varðveitt í 10% formalíni. Til þess að koma í veg fyrir að formalínið leysti upp skeljar lindýra var um 2 msk af boraxi blandað út í 1 l af formalíni. Ofanvarp og hæð hvers steins var teiknað á smjörpappír og áferð/grófleiki metinn á skalanum 1–5, þar sem sléttir steinar fengu einkunnina einn og grófir

steinar sem voru alsettir smáholum og hrufóttir einkunnina fimm. Í október sýnatökunni var ekki hægt að bursta steina og sigta sýnin úti við á þremur stöðvum (JD2, JD5 og HN2) því of kalt var í veðri og sífellt fraus í sigtinu. Steinarnir voru því settir í dósir og sýnin unnin við komu í hús í lok dags á sama máta og gert var úti við á.

Þrjú sparksýni til rannsókna á hryggleysingjum voru tekin af botni á hverri stöð á tilviljanahnitum nr. 3, 6 og 9. Skaftháfur (300 µm möskvi) var settur lóðrétt niður á botn og rótað með fæti fyrir ofan háf í 30 sekúndur. Allt sem barst í háfinn var sigtað í gegnum 125 µm sigti og sett í dós og varðveitt í blöndu af 10% formalíni og boraxi.

Við frumúrvinnslu hryggleysingjasýna, bæði af steinasýnum og úr sparksýnum, voru allir hryggleysingar tíndir frá gróðurleifum og sandi úr sýnunum. Dýrin voru talin og fjöldi þeirra skráður. Þar sem mikill fjöldi dýra var í sýni var beitt hlutsýnatöku, með þar til gerðum skiptibökkum, og unnið með 1/2 sýni til 1/4 af sýni. Einstaklingar í hverjum flokki eða ættbálki voru taldir og greindir í mismörgum skiptihlutum. Rykmý (Chironomidae), ánar (Oligochaeta), krabbadýr (Crustacea), vorflugur (Trichoptera), lindýr (Mollusca), steinflugur (Plecoptera), og vatnamaur (Hydracarina) voru flokkuð úr sýnum. Við greiningu dýranna var notuð víðsjá af gerðinni Leica MZ6 með allt að 40 falda stækkun. Fjöldi hryggleysingja í hverju sýni var reiknaður með viðeigandi margföldunarstuðli úr hlutsýnatökunni.

Rykmýslirfur voru greindar til tegunda eða ættkvísla, en miðað var við að vinna með 30 lirfur fyrir hvert sýni, eða a.m.k. 300 lirfur að jafnaði fyrir hverja stöð. Ef fjöldi lirfa var meiri en 100 einstaklingar í sýni var hlutsýnatöku beitt. Öllum rykmýslirfum í viðkomandi sýni var komið fyrir í Petriskál með átta jafnstóra númeraða reiti (um 0,5 x 0,5 cm). Reynt var að dreifa lirfunum jafnt í Petriskálinni með því að hrista skálina til. Rykmýslirfur voru týndar úr reitum sem valdir voru af handahófi. Hver rykmýslirfa var steipt með Hoyer's steypu (Hoyer, 1882, sjá í Ashburner, 1989) á smásjargler og 10 mm þekjugler lagt yfir. Kviðlæg hlið lirfunnar var látin snúa upp áður en þekjuglerinu var þrýst varlega niður.

Lirfur voru greindar í ljóssmásjá Leica DM 1000 með 200–1000 falda stækkun. Við greiningu rykmýs til tegunda er einkum horft á lögun munnlima og annarra einkenna á haus og burstu á bók lirfanna. Einungis var hægt að greina lirfur sem voru á II., III. og IV. lifrustigi. Notaðir voru greiningarlyklar eftir Cranston (1982), Cranston o.fl., (1983) og Wiederholm (1983). Nokkrar ættkvíslir rykmýs var erfitt að greina til tegunda og má þar nefna *Micropsectra* sem er af undirætt þeymýs (Chironominae) og ættkvíslir af undirætt ránmýs (Tanypodinae) og var þá stuðst við ættkvíslarheitið. Flestir greiningarlyklar miða einungis við að lirfur séu á IV. stigi, en oft á tíðum var mikill fjöldi lirfa í sýnunum á I., II. eða III. lifru stigi og því gat verið erfitt að greina lirfurnar til tegunda. Það rykmý sem ekki var unnt að greina til tegundar eða ættkvíslar var greint til undirættar. Bitmýslirfur voru einnig steiptar á smásjargler ef ekki var unnt að greina þær undir víðsjá sökum þess hversu litlar þær voru (I. eða II. lifrustig). Við greiningu bitmýslirfa var notaður greiningarlykill eftir Peterson (1977).

2.6 Hryggleysingar í reki

Tvö rekháfssýni voru tekin efst á hverri stöð í júlí en einungis náðist að taka rekháfssýni á tveimur stöðvum (JD5 og JD3) í október vegna ísreks. Rekháfum (möskvi 363 µm) var komið fyrir á botni árinna og festir með tveimur stálstöngum við botninn. Í sýnatöku í júlí voru rekháfssýni ómagnbundin en í október magnbundin, þar sem skráð var hvenær háfar voru settir út í ána og hvenær þeir voru teknir upp, auk þess sem heildarvatnsdýpi, vatnsdýpi í opi

háfsins, breidd háfs og straumhraði (40% frá botni) var mældur. Í júlí sýnatöku var söfnunartími reksýnis breytilegur. Í október var eingöngu hægt að safna rekssýnum á tveimur stöðvum (JD3 og JD5). Á hinum stöðvunum var ísrek það mikið að ekki var talið gerlegt að taka sýni enda hefði slíkt getað eyðilagt rekháfana. Sýnum var komið fyrir í dósum og varðveitt í blöndu af 10% formalíni og boraxi. Í október voru rekháfarnir á stöð JD5 í Jökulsá á Dal lagðir í fötur og fluttir heim þar sem hreinsað var úr háfunum, en of mikill krapi hafði safnast fyrir í þeim til að hægt væri að koma sýnunum í ílát við ána.

Byrjað var á að skola reksýni með vatni til þess að hreinsa í burt varðveisluvökva. Hryggleysingjar voru taldir og greindir til helstu hópa undir víðsjá (Leica MZ 12,5), eftir það voru þeir varðveittir í 70% etanóli og geymdir til frekari úrvinnslu. Í flestum tilfellum var tekið hlutsýni til greininga vegna þess hve mikið var af hryggleysingjum í sýnunum. Ef lítill fjöldi hryggleysingja var í sýni, var unnið úr öllu reksýninu. Þörungar og annar gróður sem eftir voru í rekssýnum þegar búið var að tína hryggleysingja úr voru varðveittir í 70% etanóli þannig að hægt væri að mæla þurrvigt gróðurs síðar meir.

2.7 Töluleg úrvinnsla

Fyrir hvert sýni (stein) var þéttleiki hryggleysingja reiknaður út sem fjöldi dýra á fermetra (dýr/m²). Meðalþéttleiki hryggleysingja fyrir hverja stöð var reiknaður út frá öllum steinasýnum viðkomandi stöðvar. Hlutfall (%) hryggleysingjahópa á stöð var reiknað út frá heildarþéttleika viðkomandi tegundar á móti samanlögðum heildarþéttleika allra hryggleysingja á viðkomandi stöð. Fyrir þéttleika og hlutföll þörungna og blábaktería annars vegar og kísilþörungna hins vegar voru gerðir samskonar útreikningar og fyrir hryggleysingjana, nema að reiknaður var út fjöldi þörungna á fersentímetra (fjöldi/cm²). Auk þess var reiknað út hlutfall ættkvísla grænþörungna, blábaktería og stórra kísilþörungna af þörungakeppunni. Til skýringar á niðurstöðum úr fíngreiningu kísilþörungna var hlutfalli tegunda eða tegundahópa skipt upp í litakóða eftir algengi (tafla 5 og viðaukatala I). Skiptingin var gerð í samræmi við ráðlagðar aðferðir við mat á algengi botnþörungategunda (Staðlaráð Íslands, 2009).

Fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja og kísilþörungna var talinn og fjölbreytni Shannons (H') og jafnræði Pielous (J') reiknuð út á eftirfarandi hátt:

H' Shannon fjölbreytnistuðull (Shannon og Weaver, 1949):

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

þar sem s er fjöldi tegunda og p_i er fjöldahlutfall af heildarsýni sem tilheyrir tegund i.

$$\text{Pielou's jafnræðisstuðull } J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Shannons fjölbreytnistuðullinn og jafnræðisstuðull Pielou's voru valdir því þeir gefa jafnt vægi milli sjaldgæfra tegunda (Magurran, 2004). Jafnræðisstuðullinn er nátengdur Shannon stuðlinum, en þykir sýna betur hvort jafnræði er milli tegunda, þ.e. hvort hlutfall tegunda sé svipað eða hvort ein eða fáar tegundir eru sérstaklega áberandi og samsetning tegunda einsleit. Báðir þessir stuðlar hækka með vaxandi fjölbreytni og jafnræði.

Munur á þéttleika hryggleysingja fyrir og eftir að Jökulsá var stífluð var kannaður með einsþáttar fervikagreiningu (ANOVA). Tukey eftirpróf var svo notað til að kanna hvar munur milli stöðva lá. Við samanburð á þéttleika kísilþörunga eða hryggleysingja milli tímabila eða sýnatökustöðva voru gerð einhliða t-prófi eða óparametrísk próf, Mann-Whitney á umbreytt gögn ($\log_{10}(x+1)$). Marktækni var samþykkt við $p < 0,05$. Til að kanna hvaða stöðvar voru líkar í tegundasamsetningu hryggleysingja var Bray-curtis fjarlægðargreiningu beitt. Greiningin reiknar út hversu margar tegundir eru sameiginlegar milli stöðva og er frá 0 og upp í 1, þar sem 0 táknar að þær tvær stöðvar sem er verið að bera saman hafa allar tegundir sameiginlegar (100% líkar) en 1 táknar að engin tegund hafi verið sameiginleg (100% ólíkar) og eru niðurstöðurnar settar fram sem prósentu (%) af sameiginlegum tegundum milli stöðva.

Einnig var beitt hnitunargreiningu á tegundir hryggleysingja og kísilþörunga (e. *Ordination Analysis*). Í fyrstu var beitt svonefndri DCA-greiningu (e. *Detrended Correspondance Analysis*) á umbreyttum gögnum um þéttleika dýra ($\log_{10}(x+1)$) til að kanna hvort tegundagögnin væru línuleg eða ekki (e. *unimodal*). Við hnitunargreiningu kom í ljós að lengsti ás hnitunarinnar í tegundagögnum var minna en 2 staðalfrávikseiningar sem benti til þess að gögnin væru línuleg og var því notuð höfuðþáttagreining (e. *Principal Component Analysis; PCA*) (Lepš og Šmilauer, 2006).

Til að kanna tengsl umhverfisbreyta við hryggleysingja og kísilþörunga var beitt þvingaðri hnitunargreiningu (e. *Constrained ordination Analysis*) með RDA-aðferð (e. *Redundancy Analysis; RDA*) og Monte-Carlo endurröðunarprófi með 999 umröðunum (e. *Monte-Carlo permutation test with 999 permutations*) (ter Braak og Šmilauer, 2012). Í hnitunargreiningunni er tegundum og stöðvum raðað í fjölvíðu rúmi sem umhverfisbreyturnar hafa áhrif á. Svokölluðum skýribreytum er raðað eftir mikilvægi samkvæmt framvirku vali (e. *forward selection*) með Benforroni leiðréttingum og eru einungis þær breytur teknar með sem hafa marktæk áhrif á röðunina (Monte Carlo próf, 999 umraðanir, $p < 0,05$) (Lepš og Šmilauer, 2006). Þær umhverfisbreytur sem valdar voru í lokalíkani hnitunargreiningar fyrir botnlæga hryggleysingja með þessari aðferð voru: vatnshiti, grugg, fínt lífrænt efni í reki, leiðni, hæð yfir sjávarmáli, styrkur kísils, fosfats, ammóníum, nítrats og blaðgrænu a (mælt með HACH litrófsmæli). Blaðgrænu a (mælt með Benth Torch mæli) var sleppt þar sem blaðgræna a mælt með HACH litrófsmæli útskýrði meiri breytileika. Einnig var pH gildi sleppt þar sem Variance inflation factor (VIF) var hátt (> 800) en VIF gildi hærri en 10 benda til línulegrar samröðunar (Qinn og Keough, 2002). Þær umhverfisbreytur sem notaðar voru til að kanna hvort tengsl væru á milli þeirra og tegundasamsetningar kísilþörunga voru: vatnshiti, grugg, pH gildi, fínt lífrænt efni í reki, leiðni, hæð yfir sjávarmáli, styrkur kísils, fosfats, ammóníum og nítrats. Öllum umhverfisbreytum, nema pH gildum var umbreytt með $\log_{10}$.

Forritið Microsoft Excel, var notað til að halda utan um töluleg gögn og reikna út þéttleika. Tölfræðigreiningar og útreikningar á fjölbreytni- og jafnræðisstuðli fyrir hryggleysingja voru gerðar í forritinu R útgáfa 3.5.1. (R Core Team, 2018) og fjölþáttagreining var gerð í forritinu CANOCO (útgáfa 5.0 ter Braak og Šmilauer, 2012).

3. Niðurstöður

3.1 Umhverfisbreytur

Leiðni mældist hærri í júlí en í október á öllum stöðvum í Jökulsá á Dal, að meðaltali 84,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (spönn 76,2 til 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$) í júlí samanborið við 54,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (spönn 48,8 til 54,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$) í október og var lækkunin marktæk frá júlí til október (t-próf: $p < 0,001$). Ekki var mikill munur á leiðni milli sýnatökumánaða í viðmiðunaránum en í Hnefilsdalsá mældist leiðni 57,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í júlí og 52,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í október og í Laxá var leiðni 34,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ í júlí og október 39,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tafla 2).

Í júlí var pH gildi marktækt hærri en í október í Jökulsá á Dal (t-próf: $p = 0,04$). Meðaltalsgildið var 8,09 (spönn 7,92 til 8,51) í júlí samanborið við 7,76 (spönn 7,67 til 7,85) í október. Í Hnefilsdalsá var pH gildi vatnsins 7,62 bæði í júlí og október og í Laxá var pH gildið 7,49 í júlí og 7,57 í október (tafla 2).

Ekki var unnt að mæla straumhraða á tveimur stöðvum í Jökulsá á Dal (JD4 og JD6) sökum iðustrauma og annarra þátta. Ekki var heldur hægt að mæla straumhraða í júlí í Laxá. Af þeim þremur stöðvum sem unnt var að mæla straumhraða var hann minnstur á efstu stöðinni í Jökulsá á Dal (JD2) í júlí en straumhórðust var áin á JD3. Í október var mesti straumurinn einnig á JD3 en minnstur var hann á JD5 (tafla 2).

Tafla 2. Umhverfisbreytur á fimm stöðvum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6) og í viðmiðunarám, Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$), pH gildi og vatnshiti ($^{\circ}\text{C}$) var mælt einu sinni á hverri stöð í júlí og október. Einnig eru upplýsingar um breidd árfarvegjar, breidd sýnatökusniðs, straumhraða og botngerð. Straumhraði var mældur um 40% frá botni og á 10 tilviljunarhnitum (10 stöðvum) og er gildið meðaltal þeirra mælinga.

	Dags	Leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Vatns hiti ($^{\circ}\text{C}$)	Breidd árf. (m)	Breidd sniðs (m)	Dýpi (cm)	Straumhraði (m/s)	Botngerð
JD2	30.7.2014	97,0	8,51	10,3	30	10	26	0,30	Möl og stórgrýti
	29.10.2014	48,8	7,70	0,0		5	29	0,44	
JD5	30.7.2014	88,8	8,13	11	82	13	38	0,50	Grjót og hnúllungar
	29.10.2014	54,3	7,67	0,1		20	36	0,19	
JD3	31.7.2014	77,1	7,95	10,4	46	10	25	0,75	Möl, steinar og grjót
	28.10.2014	54,2	7,85	0,1		6	25	0,79	
JD6	29.7.2014	83,1	7,94	12,6	34	10		EM	Möl og steinar
	28.10.2014	53,9	7,75	0,1		5		EM	
JD4	29.7.2014	76,2	7,92	13,2	70	13		EM	Möl og steinar
	27.10.2014	52,1	7,83	0,1	70	8		EM	
LJ1	29.7.2014	34,1	7,49	12	17	17		EM	Grjót og hnúllungar
	27.10.2014	39,0	7,57	0,0	19	19	21	0,40	
HN2	31.7.2014	57,9	7,62	8,3	16	16	30	0,34	Stórgrýti og steinvölur
	30.10.2014	52,4	7,62	-0,1	16	16	30	0,43	

Næringarefni eru nauðsynleg ljóstillífaði lífverum. Helstu næringarefni eru kísill, fosfór og köfnunarefni. Í rannsókninni var styrkur næringarefnanna kísils (Si), nitrats (NO₃), ammóníums (NH₄), fosfats (PO₄) og heildarstyrkur fosfórs (P-total) og köfnunarefnis (N-total) mældur (tafla 3 og 2. mynd). Þar sem höfuðforsendur þess að frumframleiðandi lífverur nái að ljóstillífa er að ljós nái niður í vatnsbolinn og því var grugg í vatninu (FNU) einnig mælt.

Tafla 3. Niðurstöður efnagreininga og gruggs í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) (mælt hjá ALS Scandinavia í Svíþjóð). Sýnatökustöðvunum er raðað í landfræðilega röð. Neðst er einnig tilgreindur meðalstyrkur efnanna í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga 2007–2013 (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl., 2014).

Sýni	Dags	Rennsli** m ³ /s	Si μmól/l	N-total* μmól/l	NO ₃ μmól/l	NH ₄ μmól/l	P-total μmól/l	PO ₄ μmól/l	Grugg FNU
JD-2	30.7.2014	10,7	349	<14	<1,58	0,83	0,710	0,91	0,7
	29.10.2014	6,0	188	<14	0,36	2,78	0,768	1,47	1,9
JD-5	30.7.2014	29,9	278	<14	0,36	1,44	<0,645	1,03	1,4
	29.10.2014	19,8	346	<14	1,85	0,71	<0,645	0,78	3,8
JD3	31.7.2014		304	<14	0,36	0,72	<0,645	1,37	1,8
	28.10.2014		306	<14	0,71	0,83	<0,645	0,71	1,6
JD6	29.7.2014		280	<14	0,06	<1,86	<0,645	0,48	1
	28.10.2014		199	<14	0,86	1,07	<0,645	0,61	3,8
JD4	29.7.2014		230	22,1	0,16	0,33	<0,645	0,45	0,6
	27.10.2014		174	28,6	0,57	1,00	<0,645	0,91	1,6
HN2	31.7.2014		240	<14	<0,06	0,86	<0,645	0,42	1,1
	30.10.2014		266	<14	0,10	1,21	<0,645	0,33	0,9
LJ1	29.10.2014		146	<14	0,23	<1,86	<0,645	<0,64	0,6
	27.10.2014		227	<14	0,71	0,78	<0,645	0,94	0,5
Meðalstyrkur 2007-2013			282	4,67	1,78	0,978	0,343	0,284	
Meðalstyrkur í júl-ág 07-13			261	3,72	0,768	0,846	0,295	0,256	
Meðalstyrkur í okt-nóv 07-13			289	3,95	1,38	1,05	0,381	0,262	

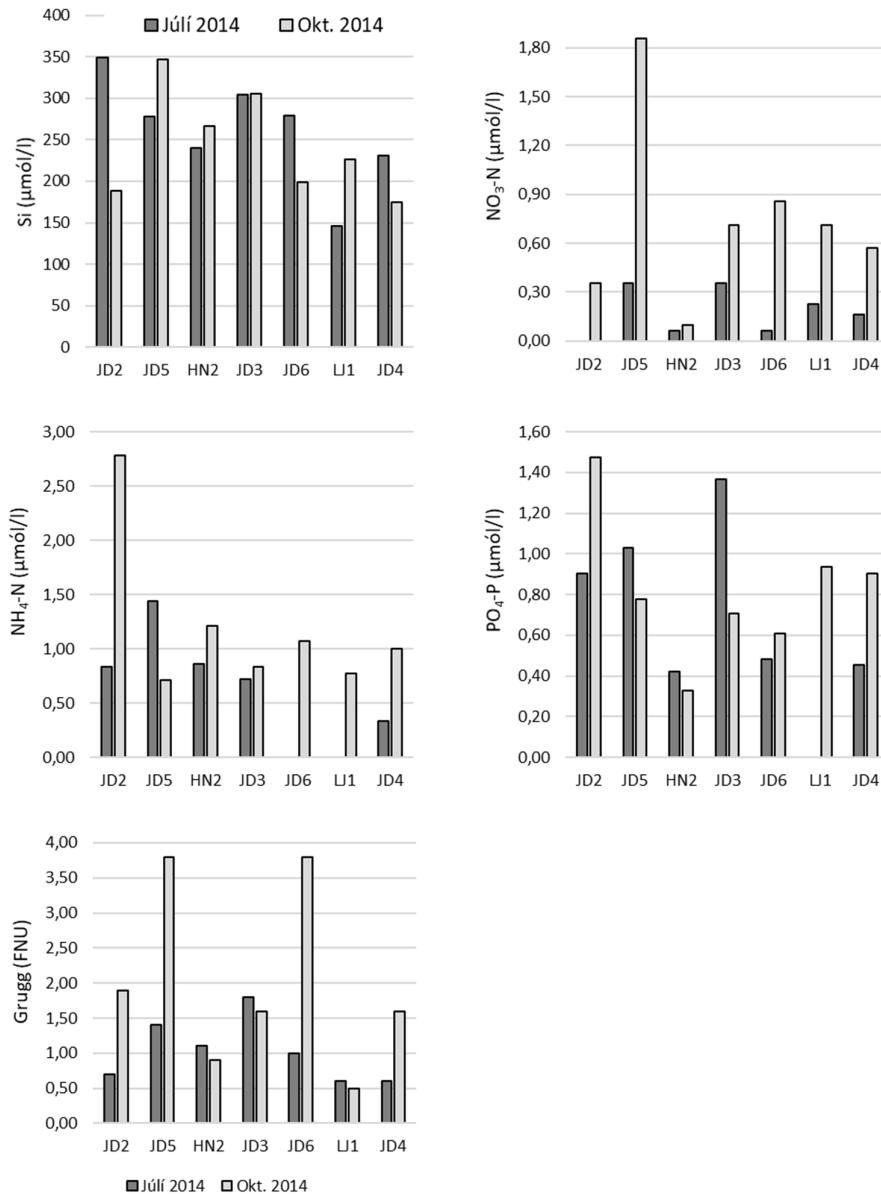
(Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2014)

*Vandamál komu upp við greiningu N-total í sýnum frá 2014 (skáletrað) og því eru greiningarmörk óvenjuhá.

Ekki er hægt að nota þau til að meta lífrænt N á rannsóknastöðvunum. Einnig efasemdir um P-total

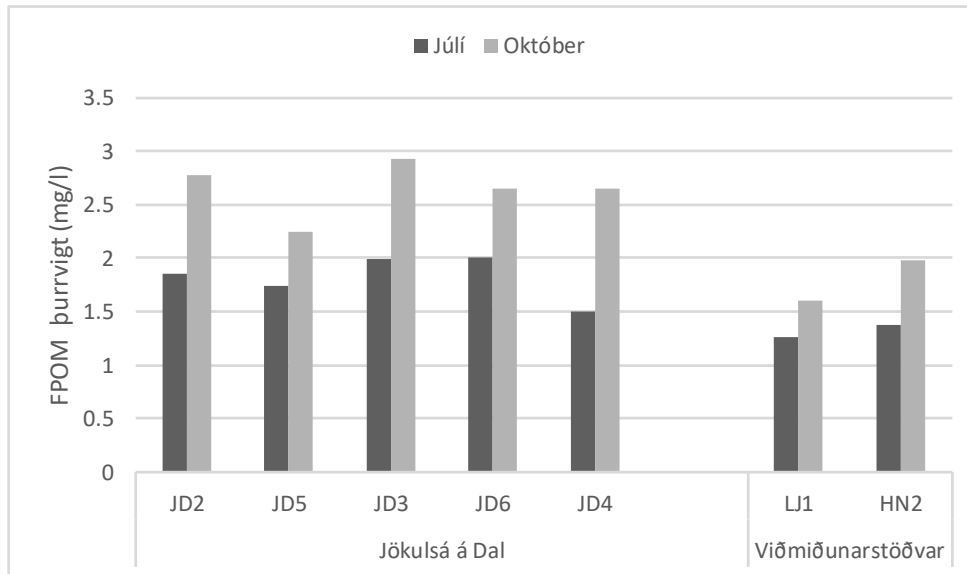
** Rennsli JD Hjarðarhaga (Veðurstofa Íslands, 2018) notað sem metill á rennsli við stöð JD-5

Styrkur kísils (Si) var hæstur á efsta sýnatökustöð í Jöklu og minnkaði eftir því sem neðar dró í árfarveginum. Styrkur PO₄ í Jöklu var sambærilegur í sýnatökunum tveimur í júlí og október en styrkur NO₃ var greinilega lægri í júlí en þá má búast við meiri ljóstillífun og þar með upptöku næringarefna, en í október. Grugg (FNU) var í flestum tilfellum meira í Jöklu í október en í júlí að meðaltali 2,5 samanborið við 1,1 í júlí og var munurinn marktækur milli sýnatökumánaða (Mann-Whitney: $p=0,03$). Mesta gruggið var á stöðvum JD5 og JD6 (3,8 FNU) í október. Í Hnefilsdalsá og Laxá var grugg svipað milli sýnatökumánaða eða 1,1 í júlí og 0,9 í október í Hnefilsdalsá og 0,6 í júlí og 0,5 í október í Laxá (tafla 3).



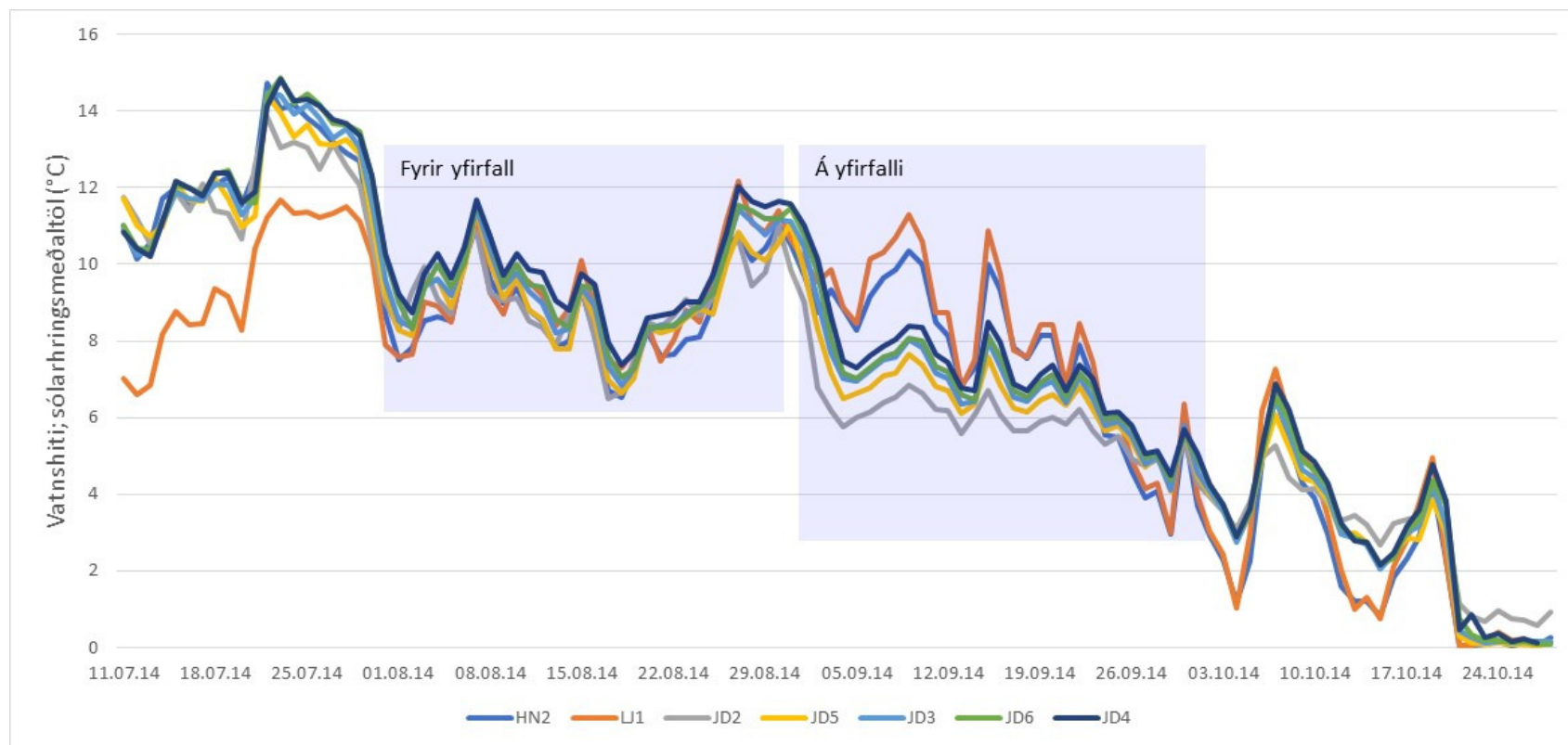
2. mynd. Styrkur næringarefna og grugg í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október 2014. Sýnatökustöðvum er raðað í landfræðilega röð frá efstu til neðstu stöðvar.

Í öllum tilvikum var magn fínkornóttis lífræns efnis (FPOM; öskulaus þurrvigt) meiri í október (að meðaltali 2,7 mg/l) en í júlí (að meðaltali 1,8 mg/l) í Jöklu og var munurinn marktækur milli sýnatökumánaða (t-próf: $p < 0,001$). Það sama mátti sjá í viðmiðunaránum, í Hnefilsdalsá var magn FPOM 1,4 mg/l í júlí en 2,0 mg/l í október og í Laxá var það 1,3 mg/l í júlí og 1,6 mg/l í október (3. mynd).

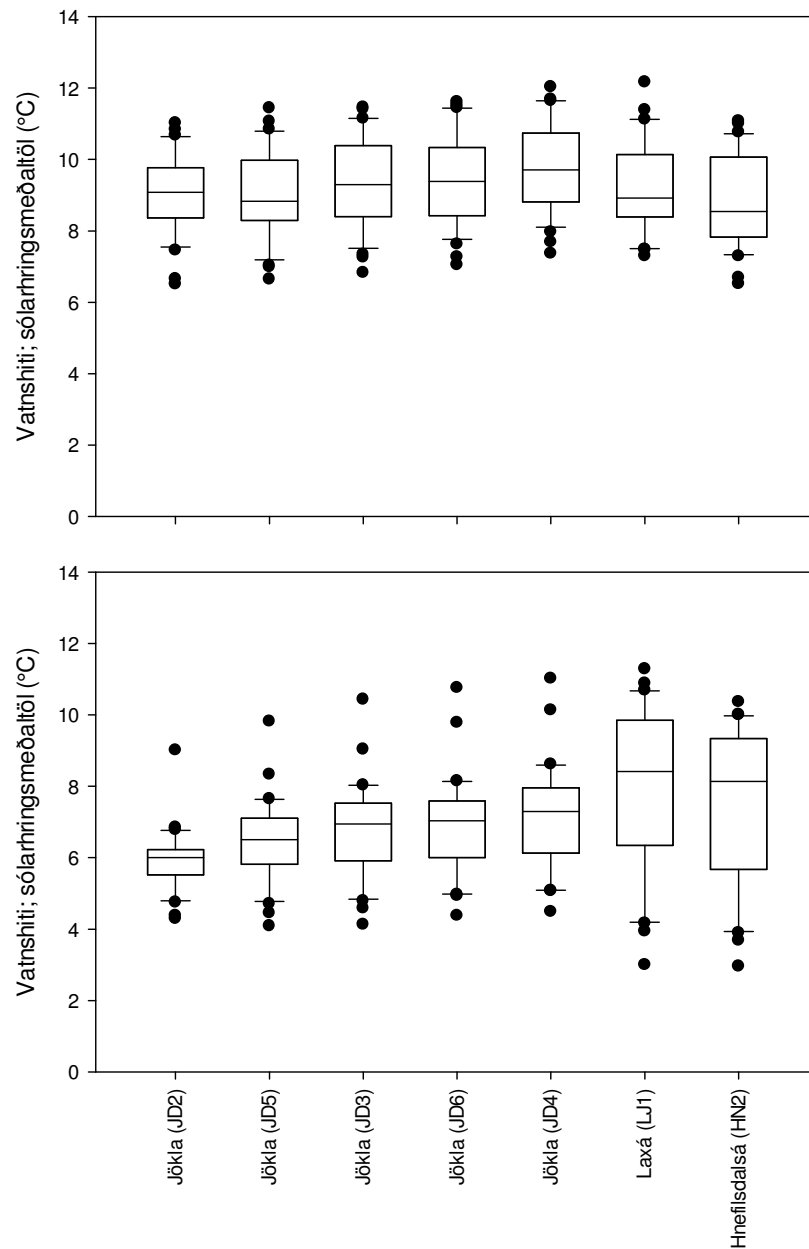


3. mynd. Styrkur fínkornóttis lífræns efnis (FPOM, mg/l) í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), í júlí (dökkar súlur) og í október (ljósur súlur). Sýnatökustöðvum í Jökulsá á Dal er raðað landfræðilega, frá efstu til neðstu stöðvar.

Vatnshiti á öllum mælistöðunum var svipaður og sveiflaðist í takt mánuði áður en Jökla fór á yfirfall (4. mynd). Ekki var tölfræðilega marktækur munur á sólarhringsmeðaltölum á milli mælistaða fyrir yfirfall (Kruskal-Wallis; $H_6=12,43$, $p=0,053$) (5. mynd efri). Skömmu eftir að Jökla fór á yfirfall, í byrjun september, var töluverður munur á vatnshita í Jöklu og viðmiðunaránnum tveimur (LJ1 og HN2) (4. mynd). Þessi munur minnkaði um miðjan september og var vatnshitinn álíka á öllum mælistöðunum. Marktækur munur var á sólarhringsmeðaltölum fyrir vatnshita á milli mælistaða (Kruskal-Wallis; $H_6=35,78$, $p<0,001$) (5. mynd neðri). Mestur var munurinn á efstu stöðinni í Jöklu (JD2) í samanburði við neðri mælistaði í Jöklu og viðmiðunarárnar. Marktækur munur var á sólarhringsmeðaltölum fyrir vatnshita fyrir JD2 annars vegar og LJ1 (Tukey *post hoc* próf; $p<0,001$), HN2 ($p<0,001$), JD4 ($p=0,003$) og JD6 ($p=0,031$). Á öllum mælistöðunum í Jöklu voru sólarhringssveiflur í hita greinilegar áður en yfirfallsvatn fór að renna niður ána en verulega dró úr þessum sveiflum þegar yfirfallsvatn bættist út í ána. Nokkrum dögum eftir að yfirfallsvatn hætti að bætast í Jöklu, þann 20. október, lækkaði vatnshitinn niður í núll gráður og hélst þannig í einhverja daga (4. mynd).



4. mynd. Vatnshiti í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Sýnd eru sólarhringsmeðaltöl byggð á mælingum með síritandi hitamælum sem skráðu vatnshita á 15 mín. fresti. Skyggðu svæðin sýna eins mánaðar tímabil fyrir og eftir að Háslón fór á yfirfall.

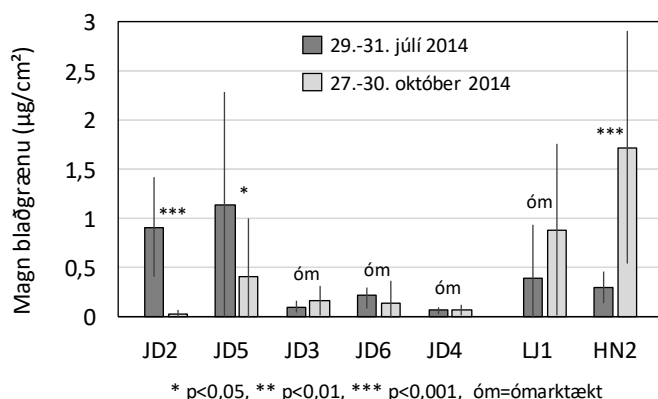


5. mynd. Vatnshiti (sólarhringsmeðaltöl) í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Laxá (LJ1) og Hnefilsdalsá (HN2). Sýnd eru gögn fyrir eins mánaðartímabil áður (efri mynd) og eftir (neðri mynd) að Hálslón fór á yfirfall 2014. Svörtu láréttu línurnar innan hvers kassa sýna miðgildin. Efri og neðri mörk kassana sýna hvar fjórðungsmörk gagnanna liggja, lóðréttu línurnar sýna hvar 10 og 90% mörkin liggja og svörtu hringirnir sýna útgildi mælinga neðan og ofan við 10 og 90% mörkin.

3.2 Blaðgræna

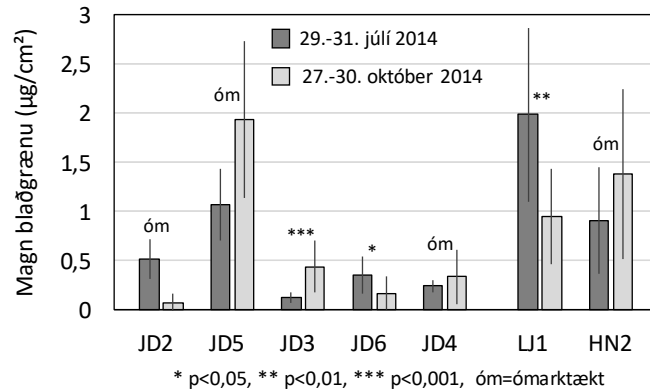
Magn blaðgrænu a er hægt að nota sem vísbendingu um lífmassa frumframleiðenda á botni. Blaðgræna a var mæld með tveimur mismunandi aðferðum. Annars vegar var blaðgræna a á yfirborði steina mæld á staðnum við sýnatökur með BenthosTorch flúrmæli (e. *fluorimetric probe*). Hins vegar var magn blaðgrænu a í skrapi af steinum, mælt með í HACH Lange DR5000 litrófsmæli (e. *spectrophotometer*) eftir sýnatökur á rannsóknarstofu. Þetta eru ólíkar aðferðir sem þó gáfu líkar niðurstöður (6. og 7. mynd). Helsti munurinn á niðurstöðum mismunandi mæliaðferða var annars vegar í júlí fyrir stöð JD5 í Jökulsá á Dal og hins vegar í október í viðmiðunarárni Laxá (LJ1). Í báðum tilfellum voru mæligildin úr BenthosTorch flúrmælinum nokkru hærri en mældust með HACH Lange litrófsmælinum. Þetta voru hæstu gildin sem mældust að meðaltali ($2 \mu\text{g}/\text{cm}^2$).

Magn blaðgrænu a mælt með litrófsmæli var mest í Jöklu á stöð JD5 bæði í júlí ($1,15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) og í október ($0,41 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Næst mesta blaðgræna sem mældist í Jöklu í júlí var á efstu stöðinni (JD2) ($0,91 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Í október var þetta hins vegar sú stöð í Jöklu þar sem blaðgræna mældist minnst ($0,04 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Að jafnaði mældist lítil blaðgræna á stöðvum JD3, JD6 og JD4 bæði í júlí og október ($0,07$ – $0,22 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Í viðmiðunaránum Laxá (LJ1) og Hnefilsdalsá (HN2) mældist minni blaðgræna í júlí (LJ1: $0,39 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ og HN2: $0,31 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) en í október (LJ1: $0,89 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ og HN2: $1,73 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) (6. mynd).



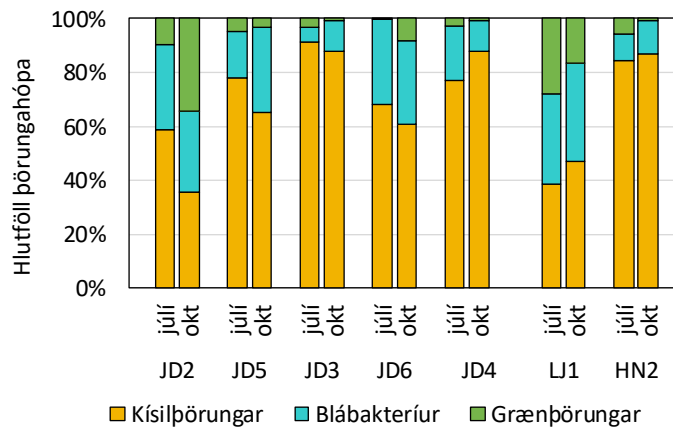
6. mynd. Heildarmagn blaðgrænu a , mæld með HACH Lange DR5000 litrófsmæli, á steinum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), í júlí (dökkar súlur) og október (ljósur súlur) 2014. Súlnar sýna meðaltalsgildi fyrir 10 mælingar og lóðréttu línurnar sýna staðalfrávik frá meðaltölum. Við hvert súlupar eru settar niðurstöður úr t-prófum um marktækni.

Mælingar með BenthosTorch flúrmæli gáfu samskonar niðurstöður fyrir magn blaðgrænu a í Jöklu og litrófsmælirinn gerði. Á stöð JD5 mældi flúrmælirinn mesta magn blaðgrænu a bæði í júlí ($1,07 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) og í október ($1,94 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Næst mest í Jöklu mældist á efstu stöðinni, JD2 í júlí ($0,52 \mu\text{g}/\text{cm}^2$), en þar mældist minnsta magnið í október ($0,07 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Fremur lítil blaðgræna mældist á stöðvum JD3, JD6 og JD4 í júlí og október ($0,12$ – $0,44 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) (7. mynd). Í júlí mældist mun meiri blaðgræna í Laxá ($1,99 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) og Hnefilsdalsá ($0,91 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) með BenthosTorch mælinum, en mældist með litrófsmælinum. Um haustið voru niðurstöður mælinga í Laxá ($0,95 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) og Hnefilsdalsá ($1,39 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) líkar því sem mældist með litrófsmælinum (6. og 7. mynd).



7. mynd. Heildarmagn blaðgrænu á, mælt með BenthosTorch flúrmæli, á steinum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), í júlí (dökkar súlur) og október (ljósur súlur) 2014. Súlurnar sýna meðaltalsgildi 10 mælinga (nema í júlí voru 2 mælingar fyrir JD2 og 8 mælingar fyrir JD5) og lóðréttu línurnar sýna staðalfrávik frá meðaltölum. Neðan við hvert súlupar eru settar niðurstöður úr t-prófum um marktækni.

Samkvæmt BenthosTorch flúrmælinum voru kísilþörungar ríkjandi hópur (35–91%) á flestum stöðvum í Jöklu, blábakteríur voru næst algengastar (5–32%) og grænþörungar voru oftast í lágu hlutfalli (0,2–34%). Mesta breytingin í hlutföllum hópa á milli mælinga í júlí og október var á stöð JD2 í Jöklu þar sem hlutfall kísilþörungna lækkaði úr 59% í júlí niður í 35% í október og hlutfall grænþörungna jókst á móti úr 10% í 34%. Á viðmiðunarstöðinni í Laxá (LJ1) var hæsta hlutfall blábaktería (34% í júlí og 37% í október) og hlutfall grænþörungna var þar einnig hátt (28% í júlí og 16% í október). Hlutföll hópa í Hnefilsdalsá (HN2) voru lík því sem sást á stöð JD3 í Jöklu (8. mynd).

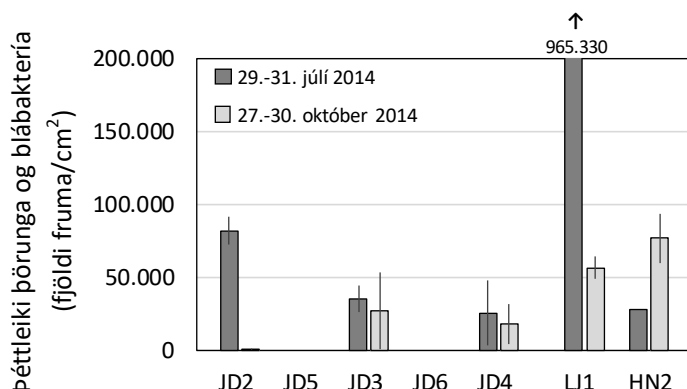


8. mynd. Hlutfall hópa grænþörungna, kísilþörungna og blábaktería á steinum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) í júlí og október 2014, mælt með BenthosTorch flúrmæli. Súlurnar sýna meðaltalsgildi 10 mælinga (nema í júlí voru 2 mælingar fyrir JD2 og 8 mælingar fyrir JD5).

3.3 Þörungar og blábakteríur

Niðurstöður úr grófflokkun þörungna og blábaktería sýndu nokkurn breytileika í þéttleika þeirra á milli sýnatökustöðva og einnig á milli sýnatökuferða innan sýnatökustöðva. Að meðaltali var þéttleiki þörungna meiri í júlí en október á öllum sýnatökustöðvum, nema í Hnefilsdalsá (9. mynd). Í júlí mældist mestur þéttleiki í Jöklu á sýnatökustöð JD2 (81.672 frumur/cm²), en í

október var þar minnsti þéttleiki að meðaltali (718 frumur/cm^2). Næst mestur þéttleiki var á stöð JD3 ($35.339 \text{ frumur/cm}^2$) í júlí, en var örlítið minni í október ($26.814 \text{ frumur/cm}^2$). Lægstur var meðalþéttleiki á stöð JD4 í júlí ($25.475 \text{ frumur/cm}^2$), en í október næst minnstur ($17.445 \text{ frumur/cm}^2$). Mikill þéttleiki var í stöku sýni úr Laxá í júlí ($965.330 \text{ frumur/cm}^2$) en í október mældist þéttleikinn $56.412 \text{ frumur/cm}^2$ að meðaltali (2 sýni). Þéttleiki þörunga og blábaktería í stöku sýni frá Hnefilsdalsá í júlí var lítill ($27.387 \text{ frumur/cm}^2$) en í október var þar meðalþéttleiki í tveimur sýnum ríflega tvöfalt meiri ($76.448 \text{ frumur/cm}^2$) (9. mynd). Ekki var nægur fjöldi sýna á bak við þessar niðurstöður til að gera tölfræðilegan samanburð á milli sýnatökustöðva eða tímabila.

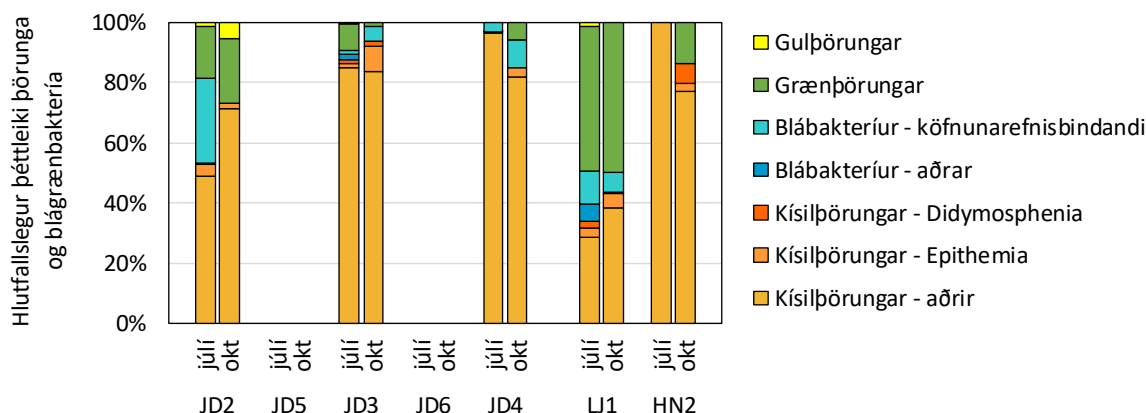


9. mynd. Meðalþéttleiki (fjöldi/cm²) þörunga og blábaktería í Jökulsá á Dal (JD2, JD3 og JD4), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Tvö sýni eru á bak við hvert meðaltal, fyrir utan stök sýni í júlí frá LJ1 og HN2. Lóðréttar línur sýna hæstu og lægstu mæligildin. Sýnatökur fóru fram í júlí (dökkar súlur) og október (ljósur súlur) 2014. Skorið hefur verið ofan af y-ás.

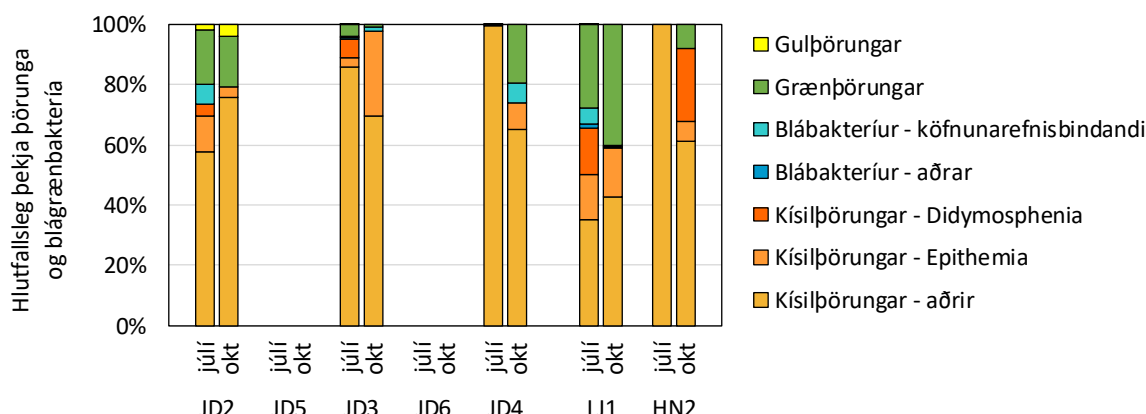
Hlutfallslegur þéttleiki grænþörunga var mestur í Laxá og á efstu sýnatökustöðinni í Jöklu (JD2). Á báðum þessum stöðvum var hlutfall grænþörunga hærra í október en það var í júlí. Á öðrum stöðvum var hlutfall grænþörunga oftast lágt (10. mynd).

Blábakteríum var skipt í tvo undirflokk; köfnunarefnisbindandi blábakteríur og blábakteríur sem binda ekki köfnunarefni. Blábakteríur sem ekki binda köfnunarefni voru almennt fátíðar í Jöklu, en mest fannst af þeim í sýni úr Laxá í júlí. Ættkvíslir köfnunarefnisbindandi blábaktería voru algengari og var hlutfallslegur þéttleiki þeirra nokkuð breytilegur á milli júlí og október (10. mynd). Á sýnatökustöð JD2 voru blábakteríur um 30% af heildarþéttleikanum í júlí, en fundust þar ekki í október. Hins vegar fannst hlutfallslega meira af blábakteríum á sýnatökustöðvunum JD3 og JD4 í október en í júlí. Í Laxá var hlutfallslegur þéttleiki blábaktería hærri í júlí en október. Engar blábakteríur sáust í sýnum úr Hnefilsdalsá (10. mynd).

Gulþörungar af ættkvíslinni *Tribonema* fundust helst á efstu sýnatökustöðinni í Jöklu (JD2) í báðum sýnatökum, en fundust líka í sýnum sem tekin voru í júlí á sýnatökustöðvunum JD3, JD5, JD6 og í Laxá (tafla 4 og 10. mynd).



10. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki hópa þörunga og blágrænbaktería í Jökulsá á Dal (JD2, JD3 og JD4), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Tvö sýni eru á bak við hvert meðaltal, nema stök sýni í júlí frá HN2 og LJ1. Sýnatökur fóru fram í júlí og október 2014.



11. mynd. Hlutfallsleg þekja hópa þörunga og blágrænbaktería í Jökulsá á Dal (JD2, JD3 og JD4), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Tvö sýni eru á bak við hvert meðaltal. Sýnatökur fóru fram í júlí og október 2014.

Kísilþörungur voru almennt stærsti hluti af þörungakekjunni, af þeim hópum þörunga og blágrænbaktería sem greindir voru í Jöklu og hliðarám hennar (11. mynd). Hlutfallsleg þekja (hér notað sem mælikvarða á lífrúmmál) kísilþörunga var yfir 50% af hlutfallslegri þekju þörunga og blágrænbaktería í öllum sýnunum sem grófflokkað var úr, en lægst var hlutfall þeirra af þekjunni í Laxá. Ef borinn er saman hlutfallslegur þéttleiki og hlutfallsleg þekja kísilþörunga af ættkvíslinni *Epithemia* (10. og 11. mynd) má sjá hvað gildin eru hærri er kemur að þekjunni, enda eru *Epithemia* tegundir stórvaxnir kísilþörungur. Hið sama gildir um vatnaflóka (*Didymosphenia*) sem er mjög stór kísilþörungur, hlutfallsleg þekja hans var há miðað við hlutfallslegan þéttleika. Hlutfallsleg þekja vatnaflóka var mest í Laxá í júlí (15%) og Hnefilsdalsá (24%) í október.

Þekja smávaxinna blágrænbaktería annarra en þeirra sem teljast köfnunarefnisbindandi var mjög lítil á öllum sýnatökustöðvum, hún var mest í Laxá í júlí (5%) (11. mynd). Hlutfallsleg þekja köfnunarefnisbindandi blágrænbaktería var einnig lítil. Í júlí var þekjan mest í Jöklu á efstu stöðinni JD2 (7%) og í október á neðstu stöðinni JD4 (7%). Í Laxá var þekja köfnunarefnisbindandi blágrænbaktería um 5% í júlí en mun minni í október.

Hlutfallsleg þekja grænþörungna á sýnatökustöð JD2 var um 18% í júlí og um 17% í október (11. mynd). Hlutfallsleg þekja grænþörungna var undir 5% á sýnatökustöð JD3 bæði tímabilin. Engir grænþörungar fundust í sýnum af sýnatökustöð JD4 í júlí en þar var þekja þeirra 20% í október. Í Laxá, var hlutfallsleg þekja grænþörungna nokkuð há, þ.e. 28% í júlí og 40% í október (11. mynd).

Tafla 4. Listi yfir ættkvíslir þörungna og blábaktería sem fundust við talningar og skönnun yfir sýni frá sýnatökustöðvum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), í júlí og október 2014. Merkt er með x við þær ættkvíslir sem fundust. Stjörnumerki (*) táknar köfnunarefnisbindandi ættkvíslir.

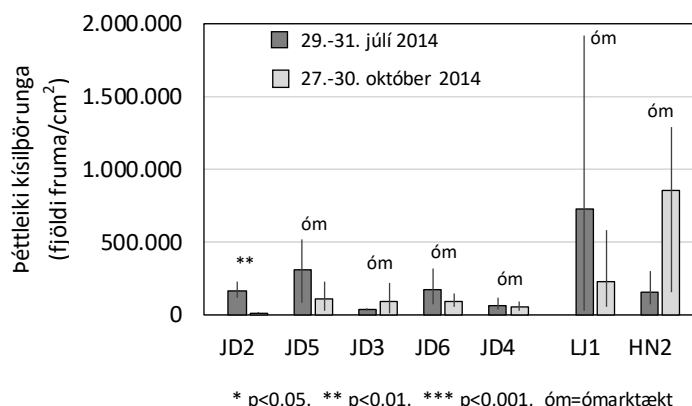
	JD2		JD5		JD3		JD6		JD4		LJ1		HN2	
	Júlí	Okt.	Júlí	Okt.	Júlí	Okt.	Júlí	Okt.	Júlí	Okt.	Júlí	Okt.	Júlí	Okt.
Fjöldi sýna	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3
Grænþörungar														
<i>Batrachospermum</i>	x	x							x		x	x		
<i>Cladophora</i>	x						x				x			
<i>Closterium</i>														x
<i>Klebsormidium</i>					x	x					x	x		x
<i>Microspora</i>	x	x			x		x				x	x		x
<i>Spirogyra</i>	x				x		x		x		x			x
<i>Stigeoclonium</i>	x		x				x				x	x		x
<i>Ulothrix</i>			x	x	x				x		x	x		x
Ógreindur grænþörungur	x													
Blábakteríur														
<i>Anabaena</i> *							x		x		x	x		
<i>Dichothrix</i> *			x								x	x		
<i>Nostoc</i> *	x		x	x		x			x			x		
<i>Nostocales</i> *	x				x	x	x	x	x	x	x	x		
<i>Oscillatoria</i>								x						
<i>Phormidium</i>					x				x		x	x		
Rauðþörungar														
<i>Audouinella</i>											x			
Gulþörungar														
<i>Tribonema</i>	x		x	x	x		x				x	x		
Kísilþörungar														
<i>Didymosphenia</i>	x		x		x	x	x		x		x	x	x	x
<i>Epithemia</i> *	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
<i>Rophalodia</i> *	x		x		x		x					x		
Aðrir kísilþörungar	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

* Köfnunarefnisbindandi ættkvísl

Við grófflokkun þörungna og skönnun yfir viðbótarsýni, fundust 8 ættkvíslir grænþörungna, 6 ættkvíslir blábaktería, 1 ættkvísl gulþörungna og 1 ættkvísl rauðþörungna (tafla 4). Fleiri ættkvíslir grænþörungna fundust í júlí en október á öllum stöðvum í Jöklu nema JD4. Flestar ættkvíslir grænþörungna greindust í Jöklu á sýnatökustöð JD2 í júlí, í sýnum úr Laxá bæði tímabilin og í Hnefilsdalsá í október. Blábakteríur komu fyrir í sýnum frá öllum sýnatökustöðvum í Jöklu bæði í júlí og október, nema í sýnum frá JD2 í október. Blábakteríur voru algengastar í sýnum úr Laxá, en sáust ekki í sýnum úr Hnefilsdalsá (tafla 4). Af stórvöxnum kísilþörungum sem sáust vel við grófflokkun þörungna og blábaktería, fannst vatnaflóki, *Didymosphenia geminata*, á öllum sýnatökustöðvum í júlí, en í október á stöð JD3, Laxá og Hnefilsdalsá. Kísilþörungar af ættkvíslinni *Epithemia* fundust á öllum sýnatökustöðvum, bæði tímabilin, nema í Hnefilsdalsá í júlí. Stöku kísilþörungar af ættkvíslinni *Rophalodia* sáust í júlí á fjórum stöðvum í Jöklu, en aðeins í Laxá í október (tafla 4).

3.3.1 Kísilþörungar

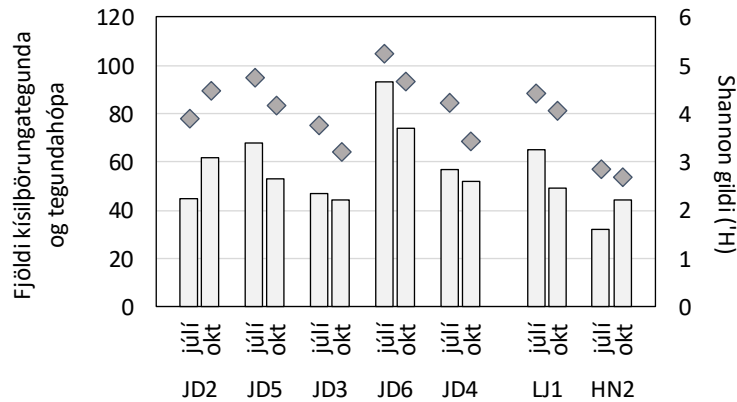
Greining kísilþörunga til tegunda (fíngreining) leiddi í ljós að þéttleiki þeirra (fjöldi kísilþörungafruma á cm^2) var nokkuð breytilegur innan hversrar sýnatökustöðvar, en talið var úr 3 sýnum frá hverri stöð (12. mynd).



12. mynd. Meðalþéttleiki kísilþörunga á steinum (fjöldi/cm²) í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Meðalþéttleiki í þremur sýnum er sýndur með stöplum, lóðréttar línur liggja á milli lægsta og hæsta gildis.

Á efstu sýnatökustöðinni í Jöklu JD2 var meðalþéttleiki kísilþörunga margfalt meiri í júlí ($162.049 \text{ kísilþörungar/cm}^2$) en í október ($9.863 \text{ kísilþörungar/cm}^2$). Munurinn var marktækur samkvæmt einhliða t-prófi ($t(4)=4,59$, $p=0,005$) (12. mynd). Þetta var eina sýnatökustöðin þar sem munur á þéttleika kísilþörunga á milli sýnatökutímabíla var marktækur ($p < 0,05$), enda fá sýni með miklum breytileika á bak við hvert meðaltal. Í Jöklu var meðalþéttleiki kísilþörunga mestur á næst efstu stöðinni JD5 bæði tímabilin, $305.237 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ í júlí og $106.106 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ í október. Þéttleiki kísilþörunga á þremur neðstu stöðvunum í Jöklu; JD3, JD6 og JD4 var að meðaltali 33.997 – $171.406 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ (12. mynd). Þéttleiki kísilþörunga í sýnum úr Laxá (LJ1) í júlí var mjög breytilegur á milli sýna, en að meðaltali $720.861 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ í júlí og $227.445 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ í október. Sýnatökustöðvarnar í Hnefilsdalsá (HN2) og stöð JD3 í Jöklu voru þær einu þar sem meðalþéttleiki kísilþörunga var hærri í október en í júlí. Meðalþéttleiki kísilþörunga í Hnefilsdalsá var $148.365 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ í júlí en $854.869 \text{ kísilþörungar/cm}^2$ í október (12. mynd).

Kísilþörungar voru greindir til samanlagt 157 tegunda og tegundahópa (viðaukatafla I). Í Jöklu fundust 45–69 tegundir eða tegundahópar úr hverri sýnatöku, að undanskilinni stöð JD6, þar sem tegundafjölbreytni var mun meiri (94 tegundir í júlí og 75 tegundir í október) (13. mynd). Tegundafjölbreytni í Laxá var svipuð og í Jöklu (66 tegundir í júlí og 50 tegundir í október). Hins vegar fundust færri tegundir í Hnefilsdalsá (33 í júlí og 45 í október).



13. mynd. Heildarfjöldi tegunda og tegundahópa kísilþörungna (súlur) sem fundust í þremur sýnum frá hverri stöð og Shannon (H) fjölbreytileikstuðull (ferningar) fyrir sömu sýni. Sýnum var safnað úr Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Sýnatökur fóru fram í júlí og október 2014.

Tegundafjölbreytni kísilþörungna var mest á stöð JD6 í júlí, eða 5,2 skv. fjölbreytileikastuðli Shannons enda margar tegundir sem sáust þar og aðeins einn tegundahópur sem náði um 10% hlutfalli af heildarþéttleikanum (viðaukatafla I). Annars voru gildin fyrir Shannon breytileikastuðulinn 3,4–4,7 fyrir sýnatökustöðvarnar í Jöklu og Laxá (13. mynd). Í Hnefilsdalsá var breytileikinn mun minni (Shannon gildi 2,8 í júlí og 2,7 í október), þar sem fáar tegundir og tegundahópar fundust og þar af þrjár sem voru ríkjandi í hvorri sýnatöku (viðaukatafla I). Á öllum sýnatökustöðvum hafði dregið úr fjölbreytninni í október, nema á efstu sýnatöku stöðinni í Jöklu JD2 (13. mynd).

Af þeim tegundum og tegundahópum kísilþörungna sem fundust, voru tólf hlutfallslega algengastar að minnsta kosti í annarri sýnatökunni (voru >7% af heildarþéttleika) (tafla 5). Í einhverskonar stafrófsröð er fyrst að nefna tegundahópinn *Achnantheidium minutissimum* og líkar tegundir og tegundirnar *Adlafia langebertalotii* og *Encyonema reichardtii*. Þetta eru allt smávaxnir þörungar sem sáust illa við minni stækkun eins og notuð var við grófflokkun þörungna. Misalgengar voru fjórar tegundir og einn tegundahópur sem allar hafa tilheyrð *Fragilaria* ættkvísl áður fyrr, en tvær af þeim hafa nú fengið ný ættkvíslarheiti. Þetta eru: *Fragilaria* cf. *vaucheriae*, *Fragilaria gracilis*, *Fragilaria* tegund 1, *Staurosira pinnata* var. *pinnata* og líkar tegundir og *Ulnaria ulna* var. *ulna*. Algengastir voru kísilþörungar sem greindust til tegundahópsins *Gomphonema* cf. *pumilum* og líkar tegundir eða tegundarinnar *Gomphonema* cf. *rhombicum*. Þá fannst á sumum stöðvum nokkuð af *Nitzschia* cf. *inconspicua* og líkum tegundum og *Nitzschia paleacea* (tafla 5).

Tafla 5. Tegundir eða tegundahópar kísilþörungna í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefildalsá (HN2) og Laxá (LJ1), sem voru hlutfallslega algengastar í að minnsta kosti einni sýnatöku. Sýnd eru meðaltöl úr þremur sýnum fyrir þéttleika (fjöldi á cm²) og hlutföll (%) hvarrar tegundar eða tegundarhóps, og vægi þeirra er skýrt með litamerkingum. Skipting hlutfalla í litakóða eftir algengi og er sýnd efst til vinstri. Meðaltöl voru reiknuð út frá þéttleika tegunda í 3 sýnum annars vegar og hins vegar hlutföllum tegunda í sömu sýnum. Fyrir neðan töfluna eru summur hlutfalla og þéttleika þeirra 12 tegunda sem komu fyrir í töflunni. Neðst er tilgreindur meðalþéttleiki kísilþörungna á cm² (12. mynd) og fjöldi tegunda og tegundahópa í hverri sýnatöku (13. mynd).

Skipting í litarhópa eftir algengi																														
Hlutfall (%)																														
0,1–1,0	Fátíð																													
1,0–4,9	Fremur fatíð																													
5,0–24,9	Nokkuð algeng																													
25,0–49,9	Mjög algeng																													
50,0–99,9	Allsráðandi																													
		Jökla JD2		Jökla JD5		Jökla JD3		Jökla JD6		Jökla JD4		Laxá Jökulsárshlíð LJ1		Hnefildalsá HN2																
		30.7.2014	29.10.2014	30.7.2014	29.10.2014	31.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014															
		Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²															
Kísilþörungategund (eða hópar)		Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²	Hlutfall (%)	Fjöldi á cm ²															
Achnanthydium minutissimum og líkar teg.		0,2	244	11,6	909	0,8	2.329	9,9	7.154	1,7	536	3,7	956	2,6	4.911	4,7	3.542	4,4	2.567	2,1	1.015	12,7	125.798	4,7	15.358	31,9	63.553	49,4	342.222	
Adlafia langebertalotii		1,4	2.676	0,3	53	1,5	4.857	7,5	6.006	1,1	328	1,2	2.131	2,0	2.406	0,9	626	0,3	113	1,9	959	7,8	17.940	1,1	578	0,2	466			
Encyonema reichardtii		0,6	1.355	0,9	139	2,1	7.364	16,5	17.771	0,2	43	1,7	2.417	0,9	967	1,1	907			0,5	387	14,0	34.262	7,5	18.716	0,6	439	0,1	1.008	
Fragilaria cf. vaucheriae		2,5	4.219	20,6	1.994	8,8	27.258	2,5	2.062	6,7	2.348	4,3	2.561	7,0	11.088	2,3	1.829	5,5	3.730	2,8	1.290	8,9	60.863	15,5	34.797	4,1	8.848	11,9	112.330	
Fragilaria gracilis		1,0	1.649	11,7	1.085	7,1	25.917	2,4	689	10,4	3.765	1,7	747	6,1	12.723	1,8	1.332	4,6	3.170	1,0	696	2,0	13.040	14,2	34.773	3,6	8.472	4,2	43.683	
Fragilaria tegund 1		0,9	1.396			6,4	22.054	2,0	1.094	1,8	680	0,9	229	4,1	7.275	0,4	217	2,5	1.844	0,8	412	2,6	36.865	9,6	29.876	4,0	7.499	16,2	169.485	
Staurosira pinnata var. pinnata og líkar teg.		0,7	1.152	5,0	447	7,7	30.559	2,7	913	0,6	247	4,0	2.492	10,7	16.631	3,9	3.108	3,4	3.634	2,2	1.333	2,5	37.464	2,2	6.478	2,1	3.983	4,6	47.857	
Ulnaria ulna var. ulna		4,4	7.348	1,8	137	1,0	3.581	0,5	432	5,9	1.856			1,2	2.278	0,5	225	6,4	4.343	0,4	163	0,2	356	6,0	9.999	10,8	8.531	2,6	30.907	
Gomphonema cf. pumilum og líkar tegundir		20,8	29.831	3,8	543	7,0	20.924	14,3	16.172	26,8	8.512	42,8	46.276	6,8	11.110	26,7	25.099	27,9	13.451	48,9	25.418	12,8	45.734	14,5	12.437	32,2	27.870	0,7	8.030	
Gomphonema cf. rhombicum		19,0	27.961	3,1	295	14,3	19.882	2,7	3.034	15,9	4.896	18,9	8.837	3,5	5.905	2,5	2.080	5,5	2.830	3,6	2.062									
Nitzschia cf. inconspicua og líkar tegundir		9,8	16.897	4,5	549	2,1	5.357	13,7	16.420	0,5	156	3,0	2.589	3,4	5.495	8,1	6.220	2,0	691	6,1	3.793	0,2	3.056	0,1	73					
Nitzschia cf. paleacea		13,5	24.930	3,6	367	5,9	21.268	0,2	378	9,9	3.762	0,3	139	7,1	13.538	1,4	1.262	7,1	5.515	0,3	142	0,5	6.169	0,2	731		0,2	2.017		
Summa í töflu:																														
Hlutfall (%)		74,8	66,9			64,7	74,8			81,4	82,4			55,5	54,2			69,8	70,6			64,2	75,7			89,4	89,7			
Þéttleiki (fjöldi á cm²)		119.660	6.517			191.351	72.125			27.128	69.375			94.329	46.447			41.887	37.669			381.549	163.816			129.659	757.540			
Meðalþéttleiki í allt (fjöldi á cm²)		162.049	9.863			305.237	106.106			33.997	87.904			171.406	86.029			62.586	53.545			720.861	227.445			148.365	854.364			
Heildarfjöldi tegunda og tegundahópa		46	63			69	54			48	44			94	75			58	52			66	50			33	44			

Hlutföll tegunda og tegundahópa af heildarþéttleika voru mismunandi á milli sýnatökustöðva og innan stöðva voru hlutföll tegunda oftast orðin önnur í október en þau höfðu verið í júlí. Með því að rýna í hvernig hlutföll helstu tegunda voru breytileg á milli staða eða tímabila (tafla 5), gætu fundist vísbendingar um hvernig umhverfisaðstæður hafa verið mismunandi á milli staða eða um breytingar á þeim.

Í júlí voru algengustu kísilþörungategundir og -hópar á efstu sýnatökustöðinni í Jöklu (JD2) *Gomphonema* cf. *pumilum* og líkar tegundir, *G.* cf. *rhombicum*, *Nitzschia* cf. *inconspicua* og líkar tegundir og *N. paleacea*. Í október voru mun færri kísilþörungar á stöð JD2 og fyrrnefndar tegundir næstum horfnar miðað við það sem var í júlí. Með þeirri breytingu jókst hlutfallslegur þéttleiki tegundahóps *Achnanthes minutissimum* og líkar tegundir og tegundanna *Fragilaria* cf. *vaucheriae* og *F. gracilis*, þó að fjöldi þeirra á fersentímetra væri nokkuð líkur því sem mældist í júlí (tafla 5).

Á næst efstu sýnatökustöð í Jöklu (JD5) var *Gomphonema* cf. *rhombicum* hlutfallslega algengust af þeim kísilþörungategundum sem fundust þar í júlí (tafla 7). Aðrar tegundir og tegundahópar sem náðu 7% hlutfalli eða meira í júlí voru; *G.* cf. *pumilum* og líkar tegundir, *Fragilaria* cf. *vaucheriae*, *F. gracilis* og *Staurosira pinnata* var. *pinnata* og líkar tegundir. Af þessum tegundum var hlutfall tegundahóps *G.* cf. *pumilum* og líkra tegunda hærra í október en í júlí, en þéttleiki þeirra var lítið breyttur frá því í júlí. Dró bæði úr hlutfalli og þéttleika hinna þriggja tegundanna á milli sýnatökutímabila. Hins vegar voru fjórar aðrar tegundir og tegundahópar orðnar nokkuð algengar hlutfallslega í október (7,5% hlutfall eða meira). Þetta voru *Encyonema reichardtii*, *Nitzschia* cf. *inconspicua* og líkar tegundir, *Achnanthes minutissimum* og líkar tegundir og *Adlafia langebertalotii* (tafla 5).

Á steinum frá þriðju sýnatökustöðinni í Jöklu (JD3) tilheyrðu um fjórðungur allra kísilþörungum sem fundust í júlí, til tegundahóps *Gomphonema* cf. *pumilum* og líkra tegunda. Þeim fjölgaði áfram yfir sumarið og urðu algenglega ráðandi á steinum í október (um 43%). Tegundin *G.* cf. *rhombicum* var næst algengust bæði í júlí og október, henni fjölgaði svolítið yfir sumarið en þó ekki líkt eins mikið og *G.* cf. *pumilum* hópurinn (tafla 5). Í júlí voru tvær aðrar tegundir nokkuð algengar (um 10% af þéttleika), það voru *Nitzschia paleacea* og *Fragilaria gracilis*. Um haustið fannst lítið af þessum tegundum (<2%). Í október einkenndust sýnin af fyrrnefndum *Gomphonema* tegundum, aðrar tegundir voru allar undir 4,5% af heildarþéttleika.

Á næst neðstu sýnatökustöðinni í Jöklu (JD6) fundust margar tegundir kísilþörungum og flestar þeirra voru í lágu hlutfalli. Í júlí fannst mest af tegundahópi *Staurosira pinnata* var. *pinnata* og líkra tegunda (tæp 11%), en hlutfall þeirra hafði lækkað mjög í október. Tegundirnar *Nitzschia paleacea* og *Fragilaria gracilis* voru eins og á stöð JD3 tiltölulega algengar (um 7%) í júlí, en fækkaði mikið yfir sumarið. Tegundahópurinn *Gomphonema* cf. *pumilum* og líkar tegundir var að meðaltali 6,8% af þéttleikanum í júlí en óx yfir sumarið upp í 26,7% að meðaltali í október. Ólíkt efri sýnatökustöðvum í Jöklu var hlutfall *G.* cf. *rhombicum* tiltölulega lágt bæði í júlí og október (tafla 5).

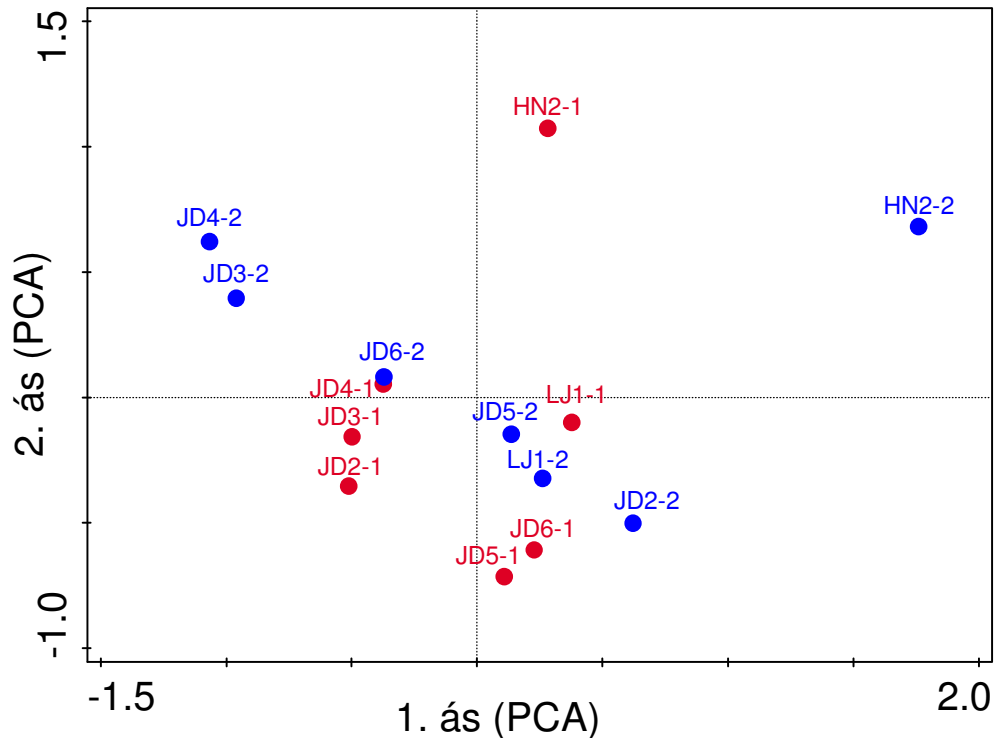
Neðsta stöðina í Jöklu JD4, einkenndist eins og aðrar stöðvar í Jöklu af tegundahópi *G.* cf. *pumilum* og líkra tegunda. Líkt og á stöð JD3 var rúmur fjórðungur allra kísilþörungum greindur til þessa hóps í júlí og tæpur helmingur allra greindra kísilþörungum í október. Tegundin *Nitzschia paleacea* náði um 7% hlutfalli í júlí og var sjaldfundin í október (0,3%). Aðrar tegundir voru allar með lægra hlutfall en 7% að meðaltali, þar á meðal *G.* cf. *rhombicum* (tafla 5).

Mikill breytileiki var á milli sýna úr Laxá (LJ1) bæði í fjölda og tegundasamsetningu kísilþörunga. Þess vegna var ekki alveg samræmi annars vegar á milli reiknaðra meðaltala fyrir hlutföll tegunda og hins vegar þéttleika þeirra (tafla 5 og viðaukatafla I). Í Laxá (LJ1) voru fimm tegundir eða tegundahópar algengir (með hlutfall >7%) í júlí. *Gomphonema* cf. *pumilum* og líkar tegundir, *Encyonema reichardtii* og *Achnanthes minutissimum* og líkar tegundir voru algengastar (um 13–14% hver). Nokkuð algengar (um 8–9%) voru tegundirnar *Fragilaria* cf. *vaucheriae* og *Adlafia langebertalotii*. Hlutfall tegundahóps *G.* cf. *pumilum* var örlítið hærra í október en júlí, en þó hafði dregið úr meðalþéttleika hans (tafla 5). Smávöxnu tegundirnar sem voru algengar í júlí, þ.e. *A. minutissimum* og *A. langebertalotii* voru orðnar mun sjaldséðari um haustið og kísilþörungum af tegundinni *E. reichardtii* hafði fækkað um helming (tafla 5). Í október voru, auk hópsins *G.* cf. *pumilum*, algengastar þrjár tegundir af *Fragilaria* ættkvísl, það voru tegundirnar *F.* cf. *vaucheriae*, *F. gracilis* og *F.* tegund 1. Þéttleiki þessara tegunda var álíka mikill eða meiri í október og hann hafði verið í júlí. Hlutfall þeirra var hins vegar orðið hærra í október en í júlí, því að dregið hafði verulega úr þéttleika *A. minutissimum* í október miðað við það sem hafði verið í júlí (tafla 5).

Í Hnefilsdalsá (HN2) einkenndist tegundasamsetning kísilþörunga af tegundahópnum *A. minutissimum* og líkum tegundum. Í júlí tilheyrðu um þriðjungur allra kísilþörunga þessum tegundahópi. Í október hafði þéttleiki og hlutfall þeirra aukist og var um helmingur af öllum kísilþörungum í sýnum. Annar þriðjungur kísilþörunga tilheyrðu tegundahópi *G.* cf. *pumilum* og líkra tegunda í júlí. Í október voru þörungar af tegundahópnum *G.* cf. *pumilum* hins vegar mjög sjaldséðir. Tegundin *Ulnaria ulna* var. *ulna* var nokkuð algeng í júlí en hlutfall tegundarinnar var mun lægra í október, þó að þéttleiki tegundarinnar væri orðinn meiri (tafla 5). Fyrir utan *A. minutissimum* hópinn voru í október tegundirnar *F.* cf. *vaucheriae* og *Fragilaria* tegund 1 algengastar og höfðu fjölgað mjög mikið frá því í júlí.

3.3.2 Skyldleiki stöðva og tengsl kísilþörunga við umhverfisbreytur

Hnitunargreiningu (PCA) var beitt til að greina samsvörun á milli sýnatökustöðva og sýnatökudaga byggt á hlutfalli kísilþörungategunda. Þetta er svokölluð óþvinguð hnitunargreining (e: *unconstrained ordination*) sem skýrir ekki hvað veldur þeirri röðun sem þar kemur fram (14. mynd). Eftir því sem tegundasamsetningar á stöðvum eru ólíkari, því fjær frá hverri annarri lenda þær í hnitakerfinu, en þær sem líkjast meira lenda nær hverri annarri í hnitakerfinu. Vægi óskilgreindra þátta sem skýra hvernig stöðvarnar raðast (e: *gradient*) eftir ásum í margar víddir fá reiknuð gildi. Á 14. mynd eru sýndir fyrstu tveir ásarnir sem samanlagt skýrðu 73,47% (47,89% 1. ás og 25,58% 2. ás) af röðun stöðvana eftir ásunum tveimur.

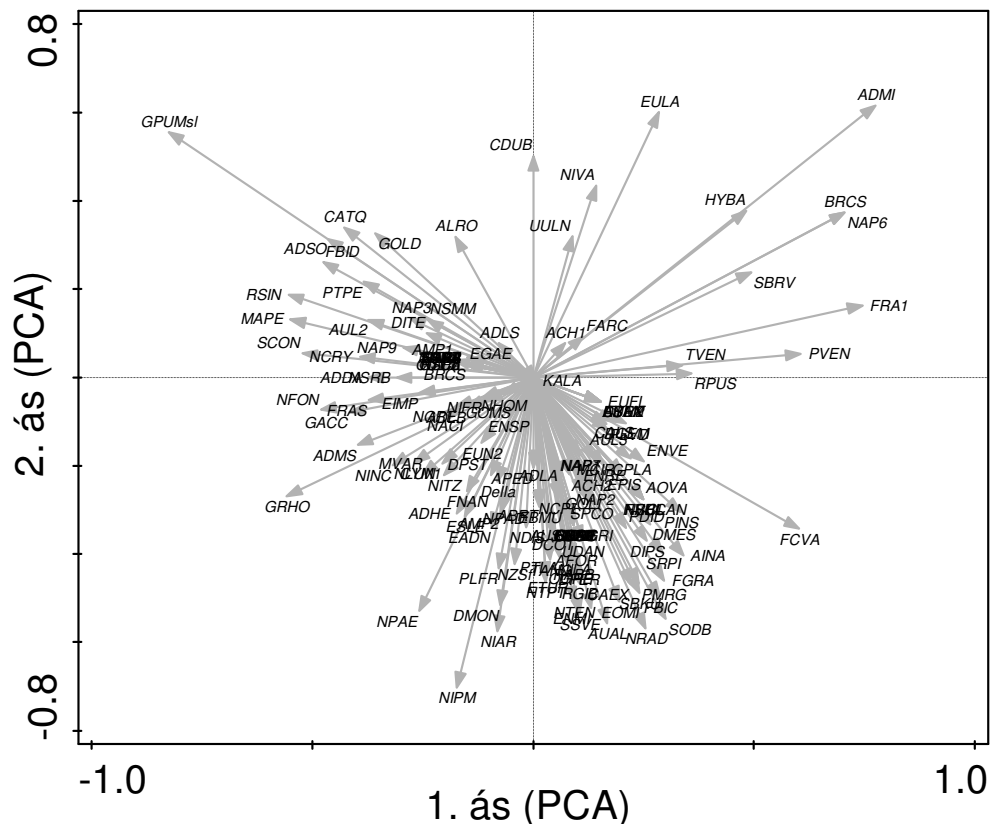


14. mynd. Tengsl sýnatökustöðva og sýnatökudaga út frá hlutföllum kísilþörungategunda á steinum úr Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Sýnatökur fóru fram í júlí (rauðletrað og táknað með 1) og október (bláletrað og táknað með 2).

Hnitunargreiningin leiddi í ljós að breytingar á milli sýnatökudaga á hlutfalli tegunda, og þar með tegundasamsetningu kísilþörunga á hverjum stað, fylgja ákveðnu mynstri. Breytingunni er hér lýst eins og sýnatökustöðvar hafi færst kerfisbundið í hnitakerfinu, frá sýnatöku í júlí og yfir til sýnatöku í október. Þannig færðist efsta stöðin í Jöklu, JD2, nánast beint frá vinstri til hægri og svolítið niður á við úr neðri vinstri fjórðungi yfir í neðri hægri fjórðung. Næst efsta stöðin JD5 færðist innan hægri neðri fjórðungs, nánast beint upp á við. Neðri stöðvarnar þrjár í Jöklu JD3, JD6 og JD4 færðust allar í sömu stefnu, ská upp í áttina að efra vinstra horni og enduðu allar í efri vinstri fjórðungi. Viðmiðunarstöðin í Laxá LJ1 færðist styst af öllum og í andstæða átt við hinar stöðvarnar, eða á ská niður á við í átt að neðra vinstra horni, en innan neðri hægri fjórðungs. Stöðin í Hnefilsdalsá HN2 var langt frá öðrum stöðvum á hnitinu, eina stöðin í hægri efri fjórðungi, færðist líkt og JD2 til hægri en svolítið meira niður á við en JD2 (14. mynd).

Við nánari skoðun á afstöðu einstakra tegunda eða tegundahópa kísilþörunga sem gerð var með PCA hnituninni kom í ljós að skipta má þeim í fjóra jafnstóra fjórðunga (15. mynd). Af þeim tegundum sem drógu hnitin upp í efri fjórðung myndarinnar til hægri var tegundahópurinn *Achnanthydium minutissimum* (ADMI) og líkar tegundir sterkastur. Þetta horn myndarinnar stýrðist af fæstum tegundum í allt, en tegundirnar *Fragilaria* tegund 1 (FRA1) og *Ulnaria ulna* var. *ulna* (UULN) voru þar á meðal. Í neðri hægri fjórðungi voru flestar tegundir sem höfðu áhrif í þá átt. Þar af voru tegundirnar *Fragilaria* cf. *vaucheriae* (FCVA) og *Fragilaria gracilis* (FGRA) og tegundahópurinn *Staurosira pinnata* var. *pinnata* (SRPI) og líkar tegundir. Neðri vinstri fjórðungur stýrðist af mörgum tegundum af *Nitzscha* ættkvísl (NITZ),

eins og hópi *Nitzschia cf. inconspicua* (NINC) og líkra tegunda og tegundin *N. paleacea* (NPAE). Í sama fjórðungi var tegundin *Gomphonema cf. rhombicum* (GRHO) áhrifamikil auk næstflestra annarra tegunda. Efri vinstri fjórðungur einkenndist af tegundahópnum *Gomphonema cf. pumilum* (GPUMsl) og líkum tegundum, en margar aðrar tegundir drógu ritið í þessa átt (15. mynd).



15. mynd. Dreifing tegunda og tegundahópa kísilþörunga út frá hnitun sýnatökustöðva (14. mynd) með höfuðþáttagreiningu (PCA). Sýnd eru hnit fyrir allar 157 tegundir og tegundahópa sem fundust. Skammstafanir eru skýrðar í viðaukatöflu I.

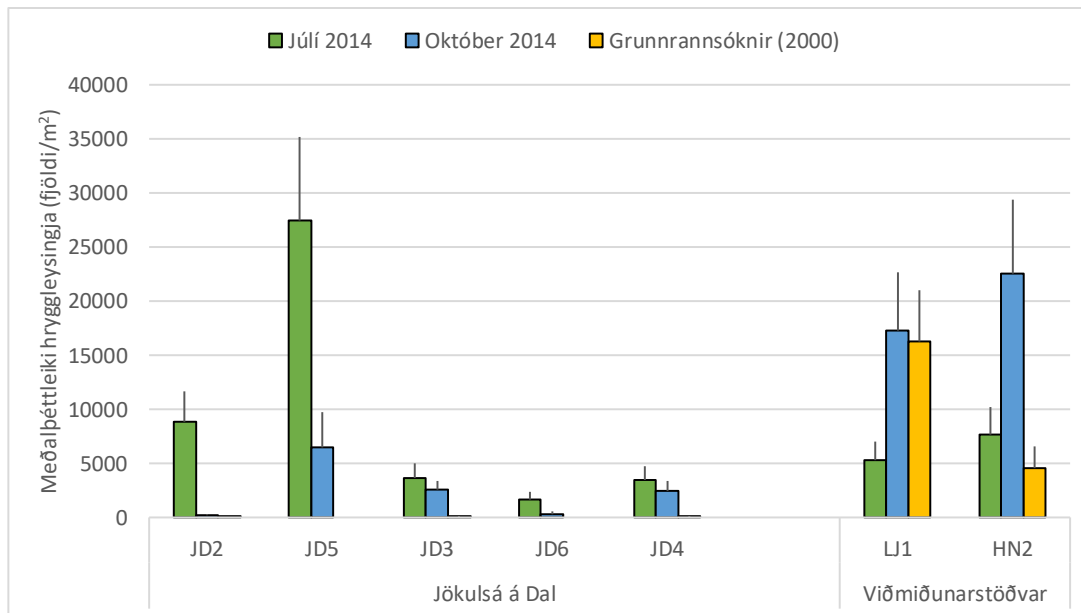
Beitt var svokallaðri þvingaðri hnitunargreiningu (e: *constrained ordination*), RDA (Redundancy Analysis) til að meta hvort og þá að hve miklu leyti mældar umhverfisbreytur gætu skýrt þann breytileika sem kom fram í tegundasamsetningu kísilþörungasamfélaga á steinum. Greiningin var gerð á hlutfallslegum þéttleika kísilþörunga tegunda á steinum á sjö stöðvum í júlí og október 2014. Kannað var hvort áhrif af eftirfarandi umhverfisbreytum gætu skýrt þann breytileika sem kom fram í röðun mismunandi tegunda, þær voru vatnshiti, grugg, pH gildi, fint lífrænt efni í reki, leiðni, hæð yfir sjávarmáli, styrkur kísils, fosfats, ammóníum og nitrats. Þrátt fyrir að breyturnar skýrðu 4–12% breytileikans í tegundasamsetningu reyndist engin þeirra vera marktæk tölfræðilega ($p > 0,05$) nema vatnshiti ($p = 0,026$). Skýrði vatnshiti 20% breytileikans í tegundasamsetningu kísilþörunga í Jöklu og viðmiðunaránum tveimur. Við frekari greiningu þar sem viðmiðunaránur var sleppt, reyndist engin umhverfisbreyta hafa marktækan skýringarmátt.

3.4 Botnlægir hryggleysingar

Meðalþéttleiki botnlægra hryggleysinga á steinum í júlí var frá 1.711–27.480 dýr á fermetra, fæst voru dýrin á stöð JD6 en flest á stöð JD5, við Skjöldólfsstaði. Í október var þéttleikinn frá 224–6.474 dýr á fermetra, fæst á efstu stöðinni við Brú (JD2) en líkt og í júlí var þéttleikinn mestur á stöð JD5 við Skjöldólfsstaði (16. mynd).

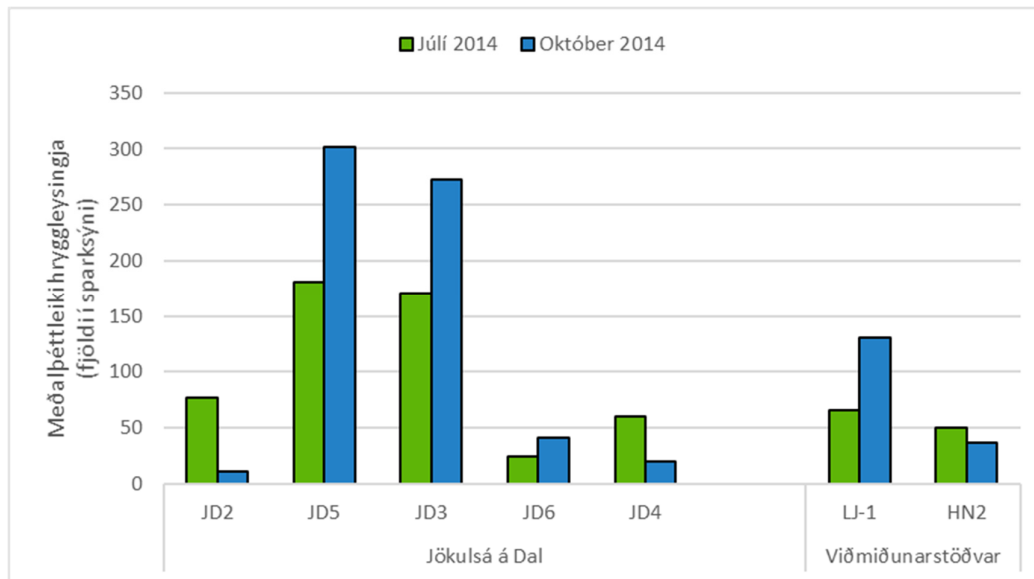
Meðalþéttleiki hryggleysinga var marktækt meiri í júlí en október á tveimur efstu stöðvunum sem og á stöð JD6 (Mann-Whitney: $p < 0,001$ (JD2), $p = 0,002$ (JD5) og $p = 0,002$ (JD6)) en ekki var marktækur munur á þéttleika hryggleysinga milli sýnatökumánaða á stöð JD3 við Hvanná (Mann-Whitney: $p = 0,631$) og neðstu stöðinni (JD4) neðan Hallgeirsstaða (Mann-Whitney: $p = 0,529$). Þéttleiki hryggleysinga í báðum viðmiðunaránum var marktækt meiri í október en júlí. Í Laxá voru 5.302 dýr/m² í júlí en 17.281 dýr/m² í október (Mann-Whitney: $p = 0,004$). Í Hnefilsdalsá voru 7.690 dýr/m² í júlí en 22.568 dýr/m² í október (Mann-Whitney: $p = 0,001$). Meðalþéttleiki hryggleysinga í Jökulsá á Dal var svipaður eða meiri í júlí samanborið við þéttleika hryggleysinga á sama tíma í viðmiðunaránum en ekki var marktækur munur þar á (t-próf: $p = 0,775$). Þéttleikinn í Jöklu var hins vegar marktækt minni samanborið við viðmiðunarárnar í októbersýnatökunni (t-próf: $p = 0,01$) (16. mynd).

Meðalþéttleiki hryggleysinga í júlí var meiri í Jökulsá á Dal árið 2014 samanborið við í ágúst árið 2000 áður en Jökulsá á Dal var stífluð (Tukey-próf: $p = 0,003$) en þá voru 12, 71 og 75 dýr/m² á þremur stöðvum (JD2, JD3 og JD4) í ánni (16. mynd).



16. mynd. Meðalþéttleiki hryggleysingja í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) á steinum (fjöldi/m², ásamt staðalskekkju, n=10). Sýndur er meðalþéttleiki fyrir yfirfall í júlí (grænar súlur) og eftir yfirfall í október (bláar súlur). Einnig er sýndur meðalþéttleiki hryggleysingja á steinum (fjöldi/m², n=3) í ágúst árið 2000 áður en Jökla var stífluð (gular súlur).

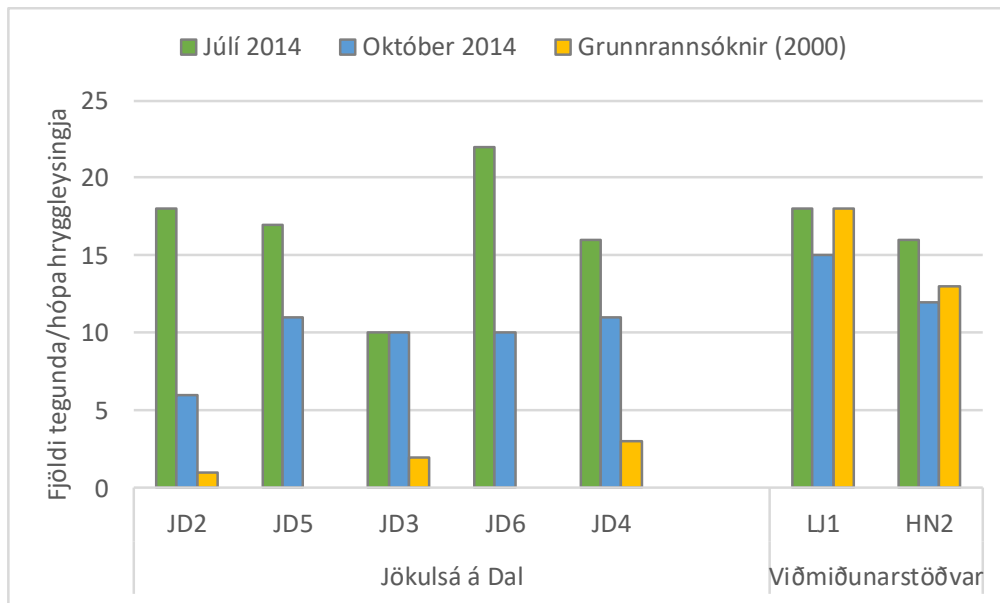
Fjöldi hryggleysingja úr sparksýnum sem tekin voru í júlí var frá 24 til 181 dýr í sýni en frá 11 til 300 dýr í sýni í október (17. mynd). Fjöldinn var meiri í júlí en október á efstu stöðinni í Jökulsá á Dal (JD2) og þeirri neðstu (JD4). Í október var fjöldi dýra í sýni meiri en í júlí á stöðvum JD5, JD3 og JD6 og var mesti fjöldi hryggleysingja í sparksýnum á stöð JD5 í október (300 dýr í sýni). Minnstur var fjöldinn á efstu stöðinni (JD2), 11 dýr í sýni. Í Hnefilsdalsá var fjöldi hryggleysingja minni í október en í júlí, 36 dýr í sýni á móti 50 í júlí en í Laxá var fjöldinn minni í júlí 66 dýr í sýni en október var hann 130 dýr í sýni (17. mynd). Ekki var gerður tölfræðilegur samanburður á fjölda hryggleysingja úr sparksýnum vegna fárra sýna.



17. mynd. Meðalfjöldi hryggleysingja úr sparksýnum (fjöldi/sýni, $n=3$). Sýndur er meðalfjöldi fyrir yfirfall í júlí (grænar súlur) og eftir yfirfall í október (bláar súlur).

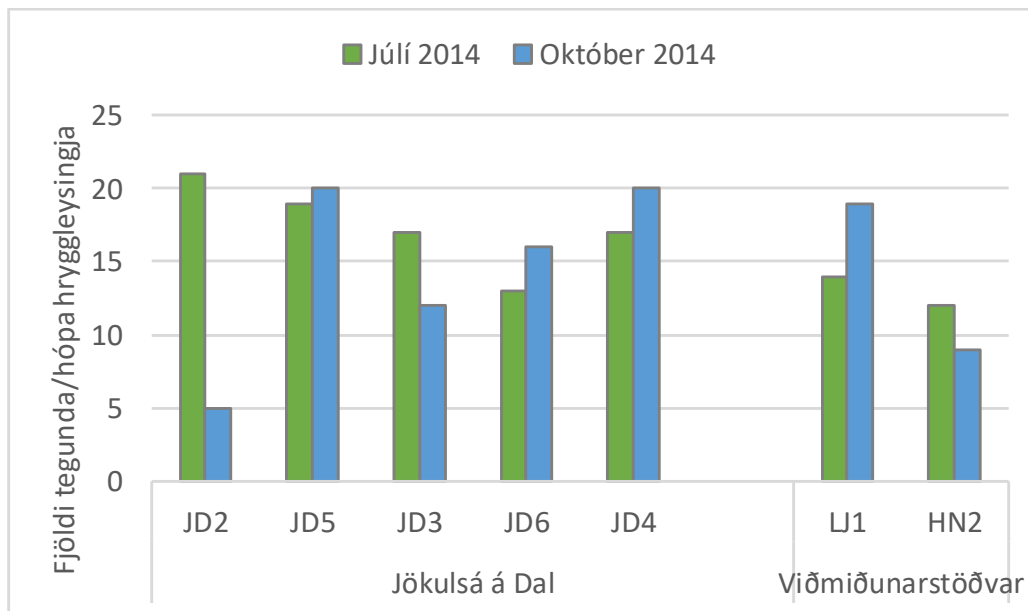
Fjöldi tegunda eða dýrahópa á steinum var frá 10–22 í júlí, flestar voru tegundir/hópar á stöð JD6 en færstar á stöð JD3. Í sýnatökunni eftir yfirfall í október fundust 6–11 tegundir/hópar hryggleysingja, færstar á efstu stöðinni (JD2) í Jöklu, en flestar á stöð JD5 og JD4 (18. mynd). Munur á fjölda tegunda/dýrahópa á milli sýnatökumánaða í Jökulsá á Dal var marktækt minni á öllum stöðvum í október nema á stöð JD3 (t próf: $p<0,001$ (JD2); $p<0,001$ (JD5); $p=0,708$ (JD3); $p<0,001$ (JD6) og $p=0,002$ (JD4). Færri tegundir fundust einnig í október á viðmiðunarstöðvunum en munurinn var þó ekki marktækur (t próf: $p=0,710$ (LJ1) og $p=0,913$ (HN2)) (18. mynd).

Fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja í júlí var meiri í Jökulsá á Dal árið 2014 samanborið við í ágúst árið 2000 (Tukey-próf: $p<0,001$) áður en Jökulsá á Dal var stífluð en þá voru 1, 2 og 3 tegundir/hópar á þremur stöðvum (JD2, JD3 og JD4) (18. mynd).



18. mynd. Fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), á steinum (n=10). Sýndur er fjöldi tegunda/hópa fyrir yfirfall í júlí (grænar súlur) og eftir yfirfall í október (bláar súlur). Einnig er sýndur fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja á steinum í ágúst árið 2000 áður en Jökulsá á Dal var stífluð.

Mesti munur á fjölda tegunda/hópa í sparksýnum milli júlí og október sýnatöku var einnig á efstu stöðinni líkt og kom í ljós fyrir steinasýnin. Í júlí voru 21 tegund/hópur en í október fimm. Færri tegundir/hópar voru einnig á stöð JD3 í október en í júlí, eða sautján tegundir/hópar á móti 12 í október. Á öðrum stöðvum (JD5, JD6 og JD4) var fjöldi tegunda/hópa aftur á móti meiri í október en í júlí. Í Hnefilsdalsá voru fleiri tegundir/hópar í júlí (12) en í október (9). Í Laxá var því öfugt farið, en þar voru fjórtán tegundir/hópar í júlí en nítján í október (19. mynd). Flestar tegundirnar sem fundust voru af flokki rykmýs eða alls 14 tegundir í steinasýnum og 15 tegundir í sparksýnum.



19. mynd. Fjöldi tegunda/hópa hryggleysingja í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), úr sparksýnum (fjöldi/sýni, $n=3$). Sýndur er fjöldi tegunda/hópa fyrir yfirfall í júlí (grænar súlur) og eftir yfirfall í október (bláar súlur).

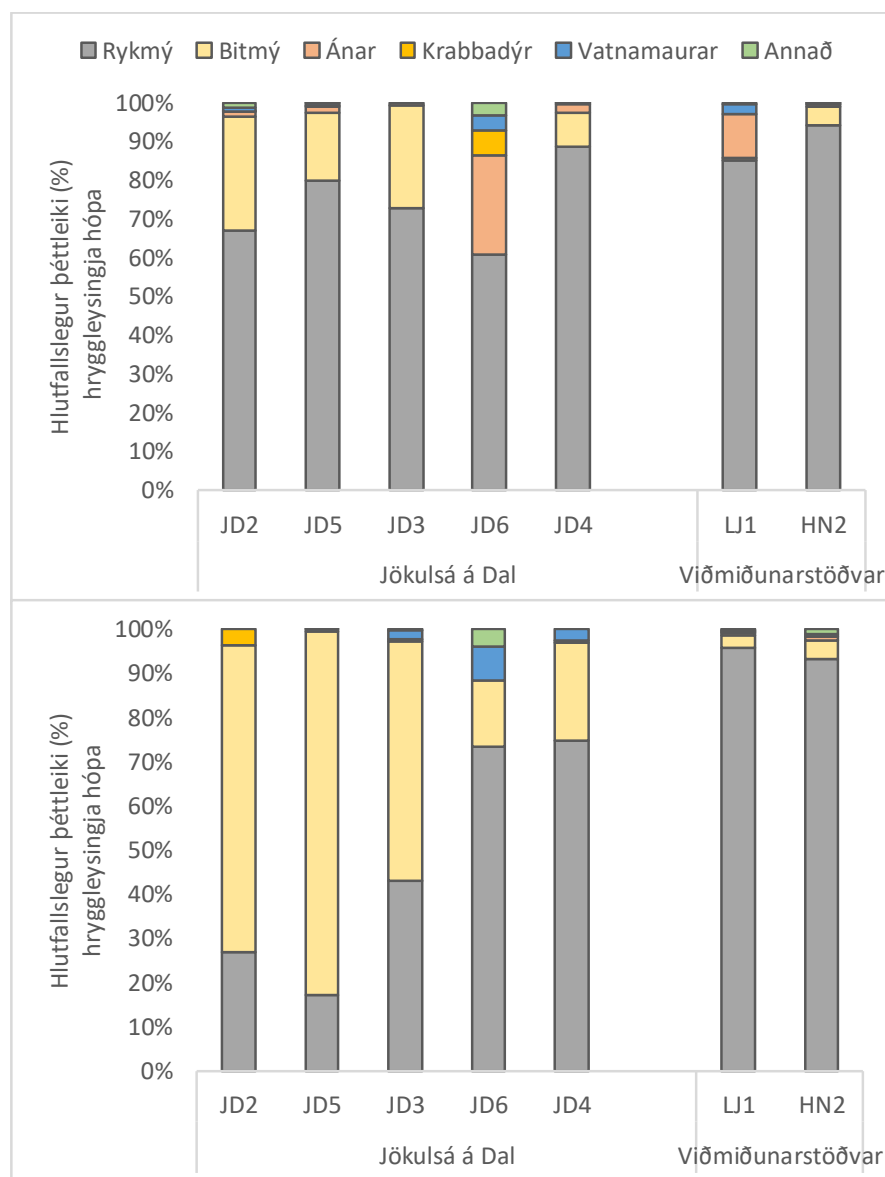
Rykmýslirfur voru ríkjandi hryggleysingjar í steina- og sparksýnum á öllum stöðvum í Jökulsá á Dal og á viðmiðunarstöðvum í júlí (20. og 21. mynd og tafla 6). Í steinasýnum var þéttleiki þeirra á bilinu 1.042 (JD6) til 21.967 (JD5) lirfur á fermetra og var hlutdeild rykmýs frá 61% til 88% af heildarfjölda hryggleysingja. Á viðmiðunarstöðvunum var þéttleikinn 4.505 lirfur á fermetra í Laxá og 7.240 lirfur á fermetra í Hnefilsdalsá og var hlutfall þeirra 85% (Laxá) og 94% (Hnefilsdalsá) af heildarfjölda dýra. Í sparksýnum í Jöklu nam hlutfall rykmýslirfa frá 41% til 71%, en 58% og 96% í Laxá og Hnefilsdalsá. Þrjár undirættir rykmýs komu fyrir í sýnunum, þ.e. kulmý (Diamesinae), bogmý (Orthoclaadiinae) og slæðumý (Tanytarsini). Nánar verður fjallað um tegundasamsetningu rykmýs hér á eftir.

Bitmýslirfur, aðallega tegundin *Simulium (P.) vittatum*, var næst algengasti dýrahópurinn á öllum stöðvum á steinum, nema á næst neðstu stöðinni (JD6) þar sem engar bitmýslirfur fundust. Þar sem þær fundust var þéttleikinn frá 268 til 4.743 lirfur á fermetra og var hlutdeild bitmýs þar sem það var til staðar frá 9%–29% (20. mynd efri). Í sparksýnum fundust einnig engar bitmýslirfur á JD6 en þéttleiki á öðrum stöðvum nam frá 15%–36%. Í Laxá var þéttleiki bitmýslirfa 44 lirfur á fermetra sem nam um 1% af heildarþéttleika hryggleysingja, en þær voru mun fleiri í Hnefilsdalsá eða 364 lirfur á fermetra (5% hlutdeild) (21. mynd).

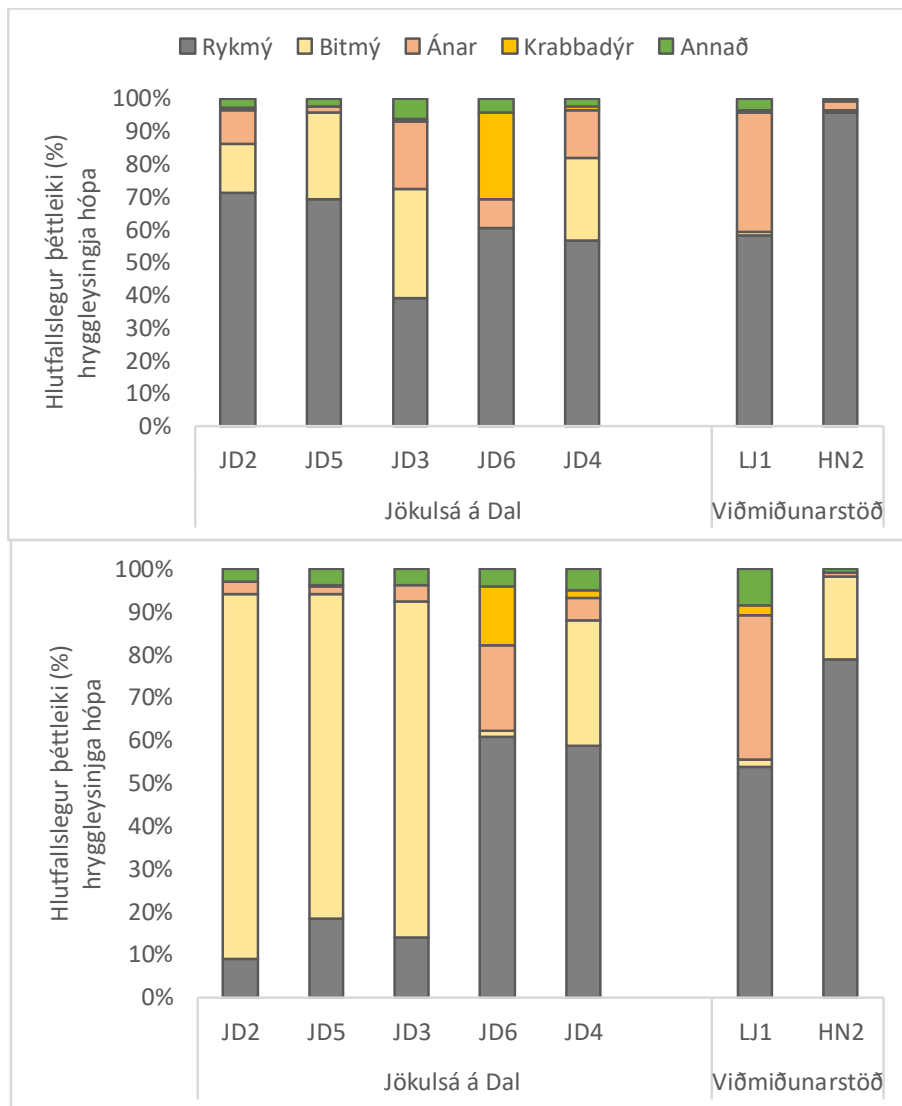
Þéttleiki ána (Oligochaeta) var á bilinu 31 til 498 dýr/m² í Jökulsá á Dal og var hlutfallslegur þéttleiki þeirra frá 1–25% og var mesta hlutdeildin á JD6. Í viðmiðunaránum var þéttleiki ána 591 dýr/m² en mun færri ánar voru í Laxá. Af krabbadýrum var mesti þéttleikinn á stöð JD6 í Jöklu í júlí bæði í steina- og sparksýnum. Einnig var nokkuð um krabbadýr í sparksýnum í október á JD6 (21. mynd og tafla 7).

Í október var breyting á hlutfallslegum þéttleika hryggleysingja hópa á þremur efstu stöðvunum (JD2, JD5 og JD3) í Jökulsá á Dal samanborið við júlí. Þá var bitmý (*Simulium (P.) vittatum*) algengasti dýrahópurinn, bæði í steina- og sparksýnum og rykmý var annar

algengasti dýrahópurinn. Á tveimur neðstu stöðvunum í Jöklu og á viðmiðunarstöðvunum var rykmý algengasti hryggleysingjahópurinn (20. og 21. mynd, tafla 6 og tafla 7).



20. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki (%) mismunandi hópa hryggleysingja á steinum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefildalsá (HN2) og Laxá (LJ1) í júlí (efri mynd) og október (neðri mynd). Sýnatökustöðvum í Jökulsá á Dal er raðað frá efstu til neðstu stöðvar.



21. mynd. Hlutfallslegur þéttleiki (%) mismunandi hópa hryggleysingja í sparksýnum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1), í júlí (efri mynd) og í október (neðri mynd). Sýnatökustöðvum í Jökulsá á Dal er raðað frá efstu til neðstu stöðvar.

Tafla 6. Meðalþéttleiki hryggleysingja á steinum ($n=10$, fjöldi/m²) í Jökulsá á Dal (JD2 – JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) í júlí og október 2014.

Botndýrahópar	29.–31. júlí 2014							27.–30. október 2014						
	JD2	JD5	JD3	JD6	JD4	LJ1	HN2	JD2	JD5	JD3	JD6	JD4	LJ1	HN2
	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²
Oligochaeta - ánar														
Naididae - sundáнар	12	441	31	332	68	393	38			11			64	165
Chaetogaster - kviðburstungar	88	41		104		15	16							
Lumbricidae						15							24	
Enchytraidae - pottormar		16			10	168							28	
Crustacea - krabbadýr														
Cladocera - vatnsflær		17		54			20				13			
Copepoda - árfætlur				24	12			8						
Ostracoda - skelkrebbs	16	21		30									13	
Trichoptera - vorflugur														
Apatania zonella - randavorfluga	9			8				10						
Chironomidae - rykmý lirlur		46			65	20		28						19
Chironomidae - rykmý púpur	126	116	16	48	78	160	49						15	
Tanytopodinae - Ránmý														
Macropelopia											15			
Diamesinae - kulmý	28		60	15	75	30	100					10	412	136
D. bertrami/latitarsis - hópur	170	528	254	8	207	399	672	46	42			38	924	259
D. bohemani/zernyi - hópur	159	71			22	31	274	9	33	8		8	1244	1856
Orthocladinae - bogmý/vatnsmý	318	1112	288	45	117	241	290			50		52	353	510
Cricotopus (C.) tibialis				52										
Eukiefferiella claripennis	812	611	846	43	1586	656	958	10	291	596	123	772	9401	4765
Eukiefferiella minor	3171	16986	1020	131	727	2430	2460	30	560	360	40	829	2596	12278
Orthocladus (O.) frigidus	183	1608	27	40	12	23	130	11	124	11	14	71	1159	496
Orthocladus (O.) teg. A	568	664	89	440	87	89	1635				14			
Orthocladus (O.) sp												8		
P. (P.) limbatellus hópur						37		11						
Rheocricotopus effusus				28	11								83	26
Thienemanniella	313	205	54	127	55	345	612				14	10	130	26
Chironominae - þeymý														
Paracladophelma nigrifluta							11	10						
Micropsectra	102	21		64	32	45	49	14	34	40	95	210	682	
Ceratopogonidae - lúsmý	57													
Simuliidae - bitmý		27	75		11		44				12			
Prosimulium (P.) ursinum		21	31		26	24	11							
Simulium (P.) vittatum	2614	4695	852		268	9	309	156	5314	1385	52	544	507	945
Simuliidae- bitmý púpur						11								
Hydrachnellae-vatnamaurar	87	179		69		135	12	33	54	28	68	53	169	
Önnur vatnadýr	34	56		48	5	26			8	14		63	237	
Samtals	8868	27480	3643	1711	3474	5302	7690	224	6474	2559	353	2530	17281	22568

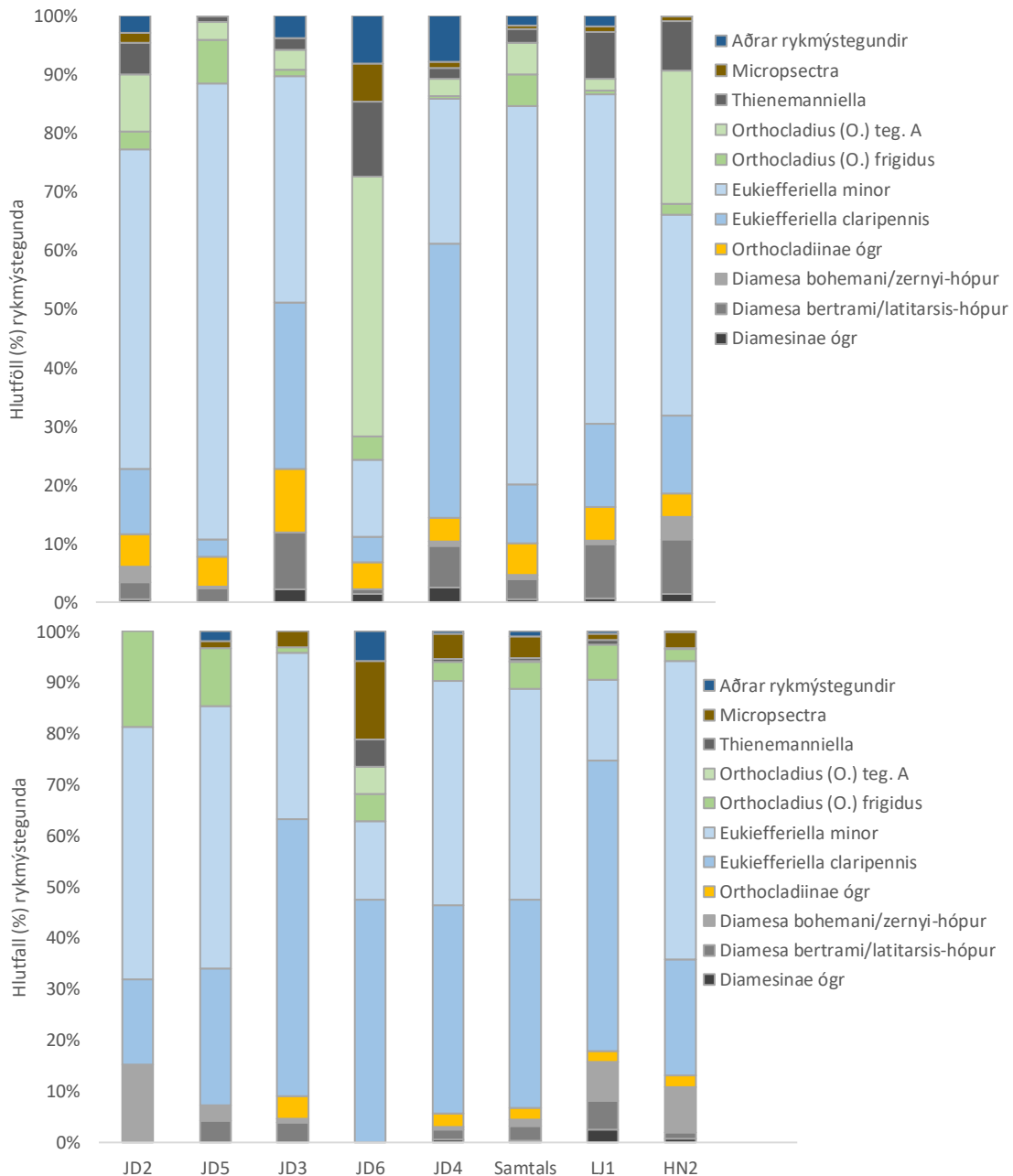
Tafla 7. Meðalþéttleiki hryggleysingja í sparksýnum (n=3, fjöldi í sýni) í Jökulsá á Dal (JD2 – JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1).

Hryggleysingja hópar	29.–31. júlí 2014							27.–30. október 2014						
	JD2	JD5	JD3	JD6	JD4	LJ1	HN2	JD2	JD5	JD3	JD6	JD4	LJ1	HN2
	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²	fj/m ²
Oligochaeta - ánar														
Naididae - sundálar	1,3	3,7	32,7	1,3	8,7	22,0	0,7	0,3	5,5	9,7	3,3	1,0	35,0	0,3
Chaetogaster - kviðburstungar	6,3			0,7							0,3		0,7	
Enchytraidae - pottormar			2,0			1,3	0,7			0,7	4,3		8,0	
Crustacea - krabbadýr														
Copepoda - árfætlur	0,3		0,7	1,7	0,3						0,3		0,3	
Cladocera - vatnsflær				0,7										
Ostracoda - skelkrebbs	0,3		0,3	3,7	0,3	0,3		0,5			5,3	0,3	2,7	
Trichoptera - vorflugur														
Apatania zonella - randavorfluga			0,3	0,3						0,7				
Chironomidae - rykmý lirlur				0,3	0,3									
Chironomidae - rykmý púpur	0,2	1,7	2,0	1,0	0,3	2,0	1,0						0,7	
Tanytopodinae - Ránmý														
Macropelopia											2,0			
Diamesinae - kulmý	0,6		0,3	0,3			2,0	3,0	1,3	0,3				
D. bertrami/latitarsis - hópur	0,7	11,0	7,3		6,7	6,3	11,3	7,0	2,3	0,3			1,0	3,0
D. bohemani/zernyi - hópur	1,6	4,0	4,3		3,3	0,3		3,0	0,7	0,3			3,7	4,0
Orthocladinae - bogmý/vatnsmý	0,6			0,7	0,3			2,0	1,0	0,7	0,3	0,3	1,0	
Chaetocladius											1,0			
Cricotopus (C.) tibialis	1,5			0,7						0,3	1,0			
Cricotopus (I.) sylvestris	0,6													
Eukiefferiella claripennis	6,6	3,7	7,7		7,3	4,3	1,3	5,0	2,7		4,0	18,0	1,3	
Eukiefferiella minor	20,8	93,3	29,3	0,3	11,3	18,3	24,3	0,7	26,0	8,0	0,7	2,0	14,3	19,3
Heterotrissocladius marcidus	0,3										3,0			
Thienemanniella	1,0	0,3	5,0	1,3	1,3	6,3	2,0	1,0	0,3					
Orthocladus (O.) teg. A	7,5	6,0	6,3	6,7	1,7		4,0	4,0			0,3			
Orthocladus. (O.) frigidus	3,2	5,7		0,3	0,3	1,3	1,0	6,0	0,7		0,3	3,7		
P. (P.) limbatellus hópur											0,3			
Rheocricotopus effusus			2,3	0,3						1,0	0,7	0,3		
Chironominae - þeymý														
Paraclodophelma nigrifolia	0,9			0,7							3,0			
Micropsectra	7,7	0,7	3,0	2,7	1,0	0,3	0,7	0,3	0,5	20,7	12,3	3,7	28,3	
Ceratopogonidae - lúsmý	0,7			0,3	0,3						0,3			
Simuliidae - bitmý														
Prosimulium (P.) ursinum			2,3		0,3	0,7								
Simulium (P.) vittatum	11,0	47,3	54,0		14,7		0,3	9,7	227,0	212,7	0,7	5,7	2,3	7,0
Clinocera stagnalis									7,0	2,3		0,3	4,0	0,3
Hydrachnellae-vatnamaurar	1,3	3,7	9,7	0,3	1,0	1,7	0,3	0,3	3,5	4,7	0,3	0,7	6,0	
Plecoptera - steinflugur									1,0	2,3	1,0		0,3	
Önnur vatnadýr		0,3	0,7			0,7				1,0			0,7	
Samtals	77	181	170	24	60	66	50	11	302	273	41	19	130	36

Samfélög rykmýs samanstóðu að mestu af fáum tegundum sem komu fyrir í miklum þéttleika. Samtals voru greindar 12 tegundir, ættkvíslir eða hópar rykmýs í júlí en 14 í október. Átta tegundir náðu 5% hlutdeild eða meira á einhverjum stöðvanna, bæði í júlí og október. Úr sparksýnunum voru greindar 13 tegundir í júlí og 14 í október (tafla 6 og tafla 7).

Í júlí voru algengustu rykmýstegundirnar *Eukiefferiella minor* með 13%–78% hlutdeild og *Eukiefferiella claripennis* með 3–47% hlutdeild í Jöklu. Sama átti við um viðmiðunarárarnar, þar var hlutdeild þessara tegunda mest eða samanlagt 56% í Laxá og 34% í Hnefilsdalsá. Stöð JD6 í Jöklu skar sig nokkuð frá hvað tegundasamsetningu varðaði en þar voru tegundirnar *Orthocladus* (O.) teg. A og *Thienemanniella* algengastar með 44% og 13% hlutdeild en voru á öðrum stöðum í Jöklu með hlutdeild sem nam frá 3%–10% (O. (O.) teg. A) og 1%–5% (*Thienemanniella*). Í viðmiðunaránum var hlutdeild O. (O.) teg. A einnig nokkuð mikil (23%) en var öllu minni í Laxá (2%). Hlutdeild *Thienemanniella* var svo 8% í Laxá og 9% í Hnefilsdalsá. Kulmýshópurinn *Diamesa bertrami/latitarsis* var algengasta kulmýið í Jöklu (1%–10%) og viðmiðunaránum (9%) í júlí. Ættkvísl *Micropsectra* af undirætt þeymýs var með hlutdeild sem nam frá 0%–7% í Jöklu og um 1% í viðmiðunaránum (22. mynd, efri).

Í október var þéttleiki rykmýslirfanna *E. minor* og *E. claripennis* einnig mestur í Jöklu og viðmiðunaránum með hlutdeild sem nam samanlagt 63%–87% í Jöklu og 73% í Laxá og 81% í Hnefilsdalsá. Hlutur *E. claripennis* var þó nokkuð algengari í október samanborið við júlí á flestum stöðvum í Jöklu og í báðum viðmiðunaránum og var hlutur hennar jafn mikill og hlutur *E. minor*, eða 41% samanborið við 10% í júlí. Tegundirnar O. (O.) teg. A og *Thienemanniella* fundust nánast ekki í október og nam þéttleiki þeirra frá 0%–5% í Jöklu en O. (O.) teg. A kom ekki fyrir í sýnum í viðmiðunaránum í október og hlutur *Thienemanniella* var 1% í Laxá og undir 1% í Hnefilsdalsá. Kulmýshópurinn *Diamesa bertrami/latitarsis* var einnig algengastur af ættkvísl kulmýs í sýnunum úr Jöklu í október, líkt og í júlí, nema á efstu stöðinni (JD2) en þar var *D. bohemani/zernyi*-hópur algengastur með hlutdeild sem nam 15%. Hópur *D. bohemani/zernyi* var einnig með hærri hlutdeild en *D. bertrami/latitarsis*-hópur í viðmiðunaránum með 8% og 9% hlutdeild. Ættkvísl *Micropsectra* var mun meira áberandi í október en í júlí sýnunum, með hlutdeild sem nam 0–15% í Jöklu og 1% og 3% í viðmiðunaránum (22. mynd, neðri).



22. mynd. Hlutfall rykmýstegunda á fimm stöðum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6) og í Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) fyrir yfirfall í júlí (efri mynd) og eftir yfirfall í október (neðri mynd). Einnig er sýnt samanlagt hlutfall rykmýstegunda allra stöðva í Jökulsá á Dal (Samtals). Raðað frá efstu stöð til þeirrar neðstu í Jökulsá á Dal.

Tegundafjölbreytni hryggleysingja samkvæmt Shannon fjölbreytnistuðli spannaði bilið frá 1,74–2,39 í júlí og var að meðaltali 1,79 í Jöklu. Mest var fjölbreytnin í júlí á stöð JD6 en minnst var hún á stöð JD3. Í viðmiðunaránum var Shannon fjölbreytnin 1,78 í Laxá og 1,88 í Hnefilsdalsá í júlí. Í október var fjölbreytnin 0,75–1,98 og að meðaltali 1,32 í Jöklu, minnst var fjölbreytnin á stöð JD5 en mest á JD6 líkt og í júlí. Í viðmiðunaránum var hún nokkuð lægri í október, 1,49 í Laxá og 1,40 Hnefilsdalsá (tafla 8). Shannon fjölbreytni var marktækt hærri á stöðvum JD2 og JD6 í júlí samanborið við sömu stöðvar í október (Mann-Whitney: $p=0,03$ (JD2)

og $p=0,004$ (JD6). Ekki var marktækur munur á fjölbreytni milli sýnatökumánaða á öðrum stöðvum (Mann-Whitney: $p=0,216$ (JD3), $p=0,440$ (JD4), $p=0,428$ (JD5)). Ekki var heldur marktækur munur á fjölbreytni milli sýnatökumánaða í viðmiðunaránum (Mann-Whitney: $p=0,417$ (LJ1) og $p=0,925$ (HN2)).

Tafla 8. Yfirlit yfir Shannons fjölbreytni og jafnræðisstuðul Pielous fyrir hryggleysingja á steinum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1) í júlí og október árið 2014.

Kodi	Dags	Fjöldi tegunda	Shannon-Wiener	Pielous (J')
JD2	30.7.2014	18	1,79	0,62
	29.10.2014	6	1,06	0,59
JD5	30.7.2014	17	1,22	0,43
	29.10.2014	11	0,75	0,31
JD3	31.7.2014	10	1,74	0,75
	28.10.2014	10	1,25	0,54
JD6	29.7.2014	22	2,38	0,77
	27.10.2014	10	1,98	0,86
JD4	29.7.2014	16	1,83	0,66
	27.10.2014	11	1,57	0,66
LJ1	29.7.2014	18	1,78	0,61
	27.10.2014	15	1,49	0,55
HN2	31.7.2014	16	1,88	0,68
	30.10.2014	12	1,40	0,56

3.4.1 Skyldleiki stöðva og tengsl botnhryggleysingja við umhverfisbreytur

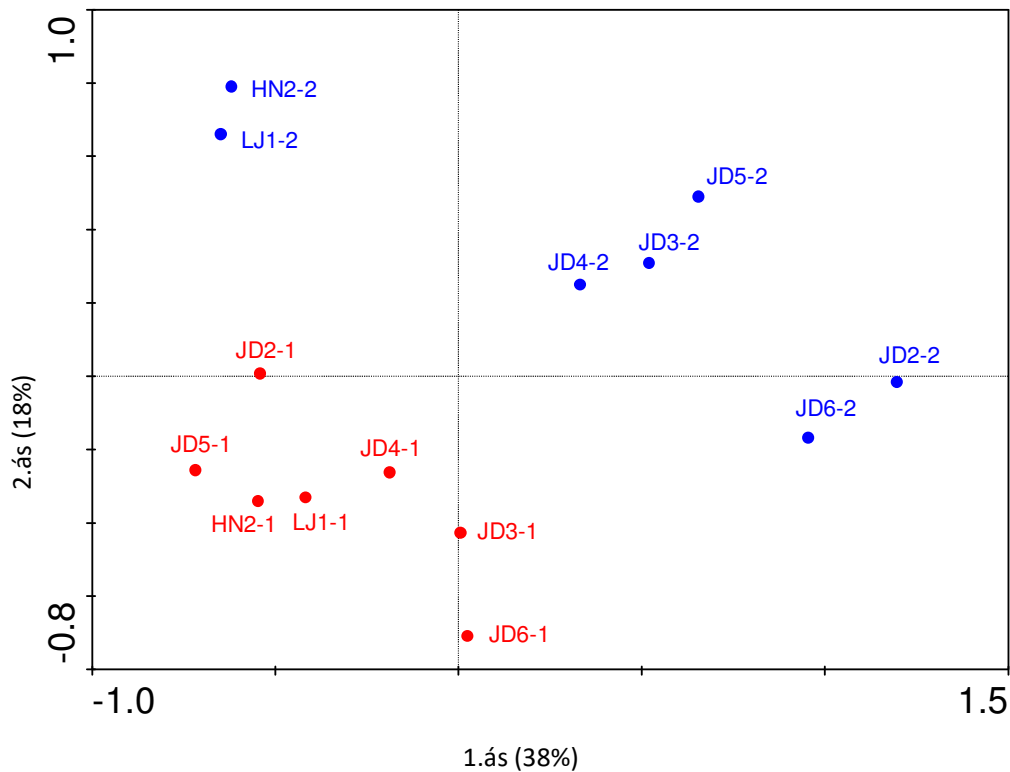
Bray-curtis skyldleikareikningur milli stöðva í Jöklu sýndi að tegundasamsetning hryggleysingjafánunnar var svipuð milli sýnatökustöðva eða frá 58% til 84% í júlí, ólíkust var tegundasamsetningin milli JD3 og JD6 en líkust milli JD3 og JD4. Tegundasamsetning hryggleysingja í Jökulsá á Dal var nokkuð lík þeirri sem fannst í viðmiðunaránum (Bray-curtis: 71% til 87%) (tafla 9). Tegundasamsetning hryggleysingja í Jöklu í júlí var einnig svipuð og á viðmiðunarstöðvum í október (Bray-curtis: 64%–84%) (tafla 9).

Samanburður á Bray-curtis skyldleika milli stöðva og sýnatökumánaða sýndi að tegundasamsetning hryggleysingja var nokkuð frábrugðin í október samanborið við sömu stöðvar í júlí. Tegundasamsetningin á efstu stöðinni í Jöklu (JD2) í júlí var með 34% skyldleika við sömu stöð í október. Tegundasamsetningin á þeirri stöð í október var einnig frábrugðin tegundasamsetningunni sem fannst í júlí (Bray-curtis: 24–37%) á öðrum stöðvum í Jöklu sem og á viðmiðunarstöðvum í júlí (Bray-curtis: 30 og 33%) sem og í október (Bray-curtis: 32% og 31%) (tafla 9).

Tafla 9. Bray-Curtis skyldleikareikningar fyrir stöðvar í Jökulsá á Dal í júlí (JD2-1–JD6-1) og viðmiðunarstöðvar (LJ1-1 og HN2-1) og í Jöklu í október (JD2-2–JD6-2) og á viðmiðunarstöðvum (LJ1-2 og HN2-2).

Skyldleiki (%)													
	JD2-1	JD3-1	JD4-1	JD5-1	JD6-1	LJ1-1	HN2-1	JD2-2	JD3-2	JD4-2	JD5-2	JD6-2	HN2-2
JD2-1													
JD3-1	74												
JD4-1	75	84											
JD5-1	82	73	77										
JD6-1	74	58	63	61									
LJ1-1	83	75	83	83	71								
HN2-1	87	82	82	83	64	82							
JD2-2	34	36	37	31	24	30	33						
JD3-2	71	63	66	65	57	66	65	54					
JD4-2	75	70	71	67	61	69	73	47	84				
JD5-2	65	51	60	66	43	61	58	54	79	75			
JD6-2	53	48	50	47	56	53	51	57	63	64	61		
LJ1-2	83	65	71	71	67	72	78	32	65	70	58	45	
HN2-2	81	63	72	75	64	74	73	31	64	69	62	44	90

Niðurstöður PCA hnitunargreiningar sýna að fyrstu tveir ásarnir á hnitagrafinu endurspeglar megnið af þeim breytileika sem var að finna í tegundagögnum hryggleysingja. Til samans skýrðu þeir 56% (38% fyrir fyrsta ás og 18% fyrir annan ás) af breytileikanum í gagnasafninu. Eigingildið fyrir 1. ás var 0,38, fyrir 2. ás 0,18 og fyrir 3. ás (sem ekki er sýndur á 23. mynd) 0,14 (23. mynd). Þegar afstaða stöðva er skoðuð á hnitagrafinu sést að allar stöðvarnar sem teknar voru í júlí, bæði í Jöklu (JD2-1–JD6-1) og í viðmiðunaránum (HN2-1 og LJ1-1) raðast saman í neðri fjórðung vinstra megin (rauðir punktar), sem gefur til kynna að tegundasamsetningin hafi verið nokkuð lík á þeim stöðvum. Stöðvarnar úr október sýnatökunni (bláir punktar) dreifast hins vegar nokkuð á grafinu og raðast stöðvarnar úr Jöklu hægra megin og skera JD2-2 og JD6-2 sig frá öðrum stöðvum í Jöklu. Að sama skapi skera stöðvarnar í viðmiðunaránum í október (HN2-2 og LJ1-2) sig frá stöðvunum í Jöklu og raðast efst á vinstri hluta grafsins (23. mynd).



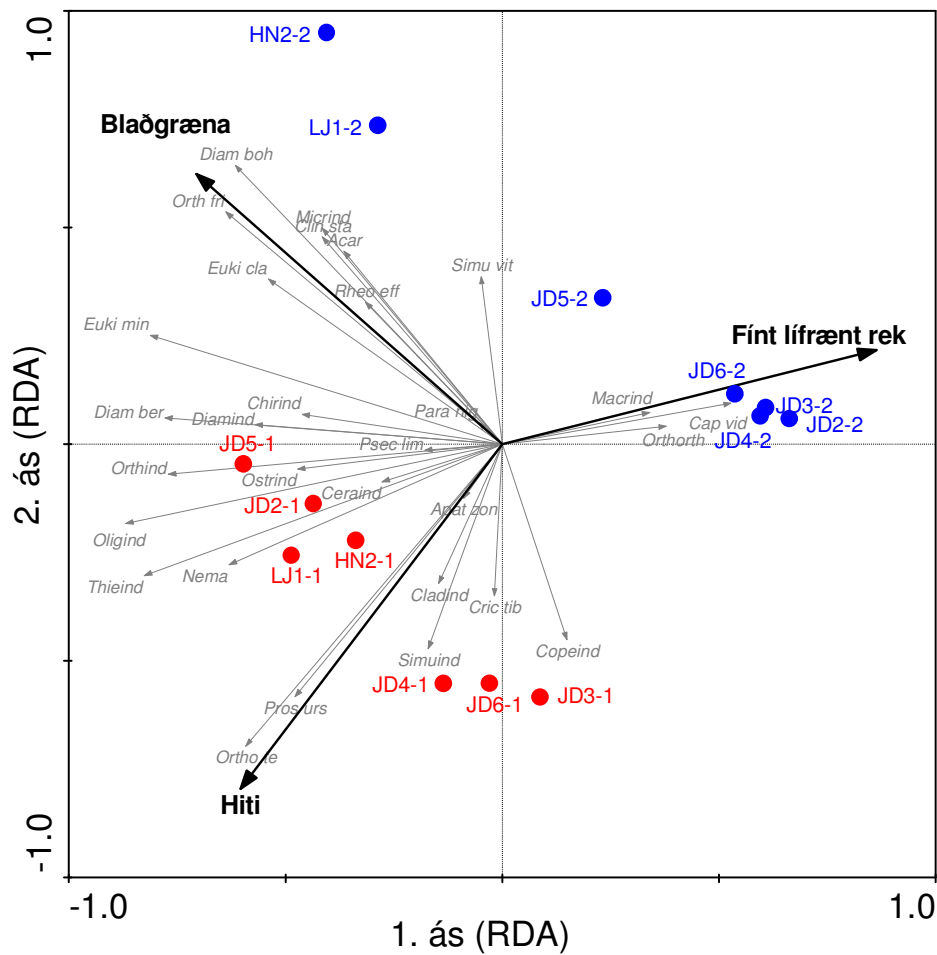
23. mynd. Hnitun stöðva í Jöklu (JD2–JD6) og viðmiðunaránum (HN2 og LJ1) úr sýnatökunni í júlí (rauðir hringir) og október (bláir hringir). Fyrsti og annar ás höfuðþáttagreiningar (PCA) eru sýndir.

Til að fá frekari upplýsingar um hvort og af hve miklu leyti mældar umhverfisbreytur geti skýrt þann breytileika sem kom fram í tegundasamsetningu botnlægra hryggleysingja var beitt svokallaðri þvingaðri hnitunargreiningu (e: *constrained ordination*), RDA (Redundancy Analysis). Samtals skýrðu umhverfisbreyturnar sem notaðar voru í lokalíkani RDA-greiningarinnar 85,5% af breytileikanum í tegundasamsetningunni, en aðeins þrjár þeirra höfðu marktæk áhrif á tegundasamsetningu hryggleysingja. Þær voru: magn af fínu lífrænu reki (FPOM) (26%), blaðgræna α (17%) og vatnshiti (11%). Samtals skýrðu þær breytur sem marktækar voru 54% af þeim breytileika sem kom fram í tegundasamsetningu botnlægra hryggleysingja á milli sýnatökustöðva og sýnatökudaga (tafla 10 og 24. mynd).

Tafla 10. Umhverfisbreytur sem höfðu marktæk áhrif sem skýribreyta í þvingaðri hnitunargreiningu (RDA) (Monte Carlo próf, 999 óbundnar umraðanir, $p < 0,05$) á tegundasamsetningu botnlægra hryggleysingja í Jökulsá á Dal, Hnefilsdalsá og Laxá í júlí og október. Sýnt er hversu mikinn breytileika umhverfisbreyturnar útskýra (hlutfall af heildarbreytileikanum sem líkanið útskýrir) ásamt P og F -gildum.

Skýribreyta	Útskýrður breytileiki	P	F
Fínt lífrænt rek (FPOM)	0,26	0,002	4,31
Blaðgræna a	0,17	0,002	3,17
Vatnshiti ($^{\circ}\text{C}$)	0,11	0,020	2,30

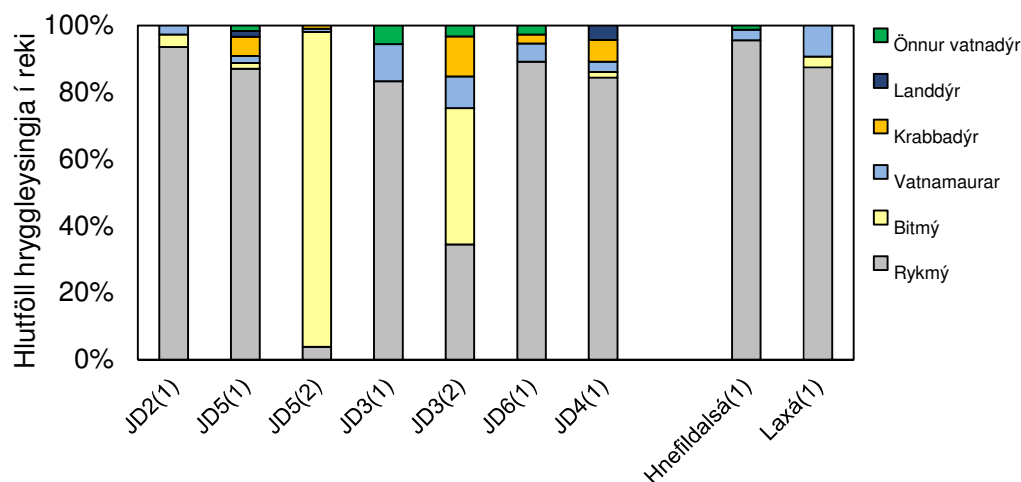
Flestar þær rykmýstegundir sem voru algengar í Jöklu og viðmiðunaránum röðuðust vinstra megin í efri fjórðungi grafsins og höfðu jákvæða fylgni við blaðgrænu a . Þetta voru tegundir eins og *E. minor*, *E. claripennis*, *D. bohemani/zernyi*, *D. bertrami/latitarsis* og *O. frigidus*. Aðrar rykmýstegundir sem voru algengar í júlí sýnunum (rauðir punktar á hnitagrafinu) líkt og *Thienemanniella*, *O. (O.) teg. A* og *C. (C.) tibialis* sem og bitmýstegundin *P. ursinum* sýndu jákvæða fylgni við vatnshita. Hins vegar sýndi bitmýstegundin *S. vittatum* neikvæða fylgni við vatnshita (24. mynd).



24. mynd. Niðurstöður þvingaðrar hnitunargreiningar (RDA) með samkeyrslu á gögnum um þéttleika botnlægra hryggleysingja og mældra umhverfisbreyta í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Laxá (LJ1) og Hnefildalsá (HN2) í júlí (rautt letur og 1 aftan við stöðvatákn) og október 2014 (blátt letur og 2 aftan við stöðvatákn). Sýndar eru þær umhverfisbreytur sem reyndust marktækar og hvernig tegundir/hópar botnlægra hryggleysingja raðast í hnituninni. Skýringar á táknum fyrir hryggleysingja má finna í viðaukatöflu II.

3.5 Hryggleysingjar í reki

Reksýni gefa upplýsingar um aðgengilega fæðu fiska í reki. Sömuleiðis búa reksýni yfir upplýsingum um hópa hryggleysingja og frumframleiðenda sem þrífast ofar í vatnakerfinu. Algengasti hópur hryggleysingja í júlí mánuði samkvæmt úrvinnslu reksýna voru rykmý, þ.e. lirfur, púpur og flugur settar saman í einn hóp (25. mynd). Hlutfall þess í reksýnum var þá á bilinu 83%–97% og var hópurinn því algengastur á öllum sýnatökustöðvum. Vatnamaurar var næst algengasti hópur hryggleysingja. Hlutfall þeirra var í kringum 5% á sýnatökustöðvum JD2, JD4, JD5, JD6 og í Hnefildalsá en 10% á JD3 og í Laxá. Hlutur krabbadýra (árfætlur og vatnafær) í reksýnunum í júlí var á bilinu 5–10% af hlutfallslegum þéttleika á sýnatökustöðvum JD4, JD5 og JD6, en komu ekki fyrir í sýnum frá hinum stöðunum. Bitmýslirfur og bitmýspúpur voru fremur fátíðar í rekinu og voru um 2–5% í sýnum úr Jöklu JD2, JD4 og JD5 og í Laxá. Bitmý fannst ekki í sýnum úr Jöklu JD3, JD6 og Hnefildalsá. Landdýr komu eingöngu fyrir í sýnum frá JD4 og JD5 og voru það einkum skortítur og köngulær. Viðsnúningur varð í hlutföllum hryggleysingjahópa í október samanborið við júlí. Á sýnatökustað JD5 varð hópur bitmýs algengastur, með rúmlega 90% af heildarfjölda hryggleysingja, en hlutur rykmýs var einungis um 5%. Á sýnatökustað JD3 var hlutur bitmýs sömuleiðis hátt (42%) en þar var hlutur rykmýs 35%. Krabbadýr voru þar um 12% og vatnamaurar 9%. Önnur vatnadýr voru tæp 2%. Reksýnum var einungis safnað á tveimur stöðum í október mánuði, því er ekki mögulegt að skoða árstíðabundin samanburð á 6 sýnatökustöðvum.



25. mynd. Hlutföll helstu hópa hryggleysingja í reksýnum í Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefildalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Eitt sýni er á bak við hverja súlu. Sýnum var safnað í júlí (táknað með 1 í sviga) og október (táknað með 2 í sviga) 2014. Einungis voru tvö reksýni tekin í október.

4. Umræður

4.1 Vatnshiti og styrkur næringarefna í Jökulsá á Dal

Rannsókn á styrk uppleystra efna í Jökulsá á Dal fór fram fyrir virkjun hennar (1998–2003) og eftir virkjun (2007–2013) (t.d. Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2014). Sýnum var þá aðallega safnað af brú við Hjarðarhaga (JD Hjarðarhaga) en einnig var þó nokkrum sýnum safnað við Brú í Jökuldal (JD Brú). Eftir virkjun var aðeins safnað við Brú þegar áin var á yfirfalli. Gögn úr rannsókninni sem gerð var eftir virkjun á stöð JD Hjarðarhaga gagnast til samanburðar við sýni sem safnað var á stöð JD5 í núverandi rannsókn. Hjarðarhagi er um 6 km neðar en stöð JD5 í núverandi rannsókn, sem er við Skjöldólfsstaði (tafla 3). Til samanburðar við niðurstöður efnamælinga í sýnum úr Jöklu frá 2014 er í töflu 3 sýndur meðalstyrkur mældra efna í 43 sýnum sem safnað var árstíðabundið í JD Hjarðarhaga á tímabilinu 2007–2013. Einnig er gefinn upp styrkur efnanna í júlí–ágúst og október–nóvember 2007–2013 á sama stað, til samanburðar við tímasetningar í 2014 rannsókninni.

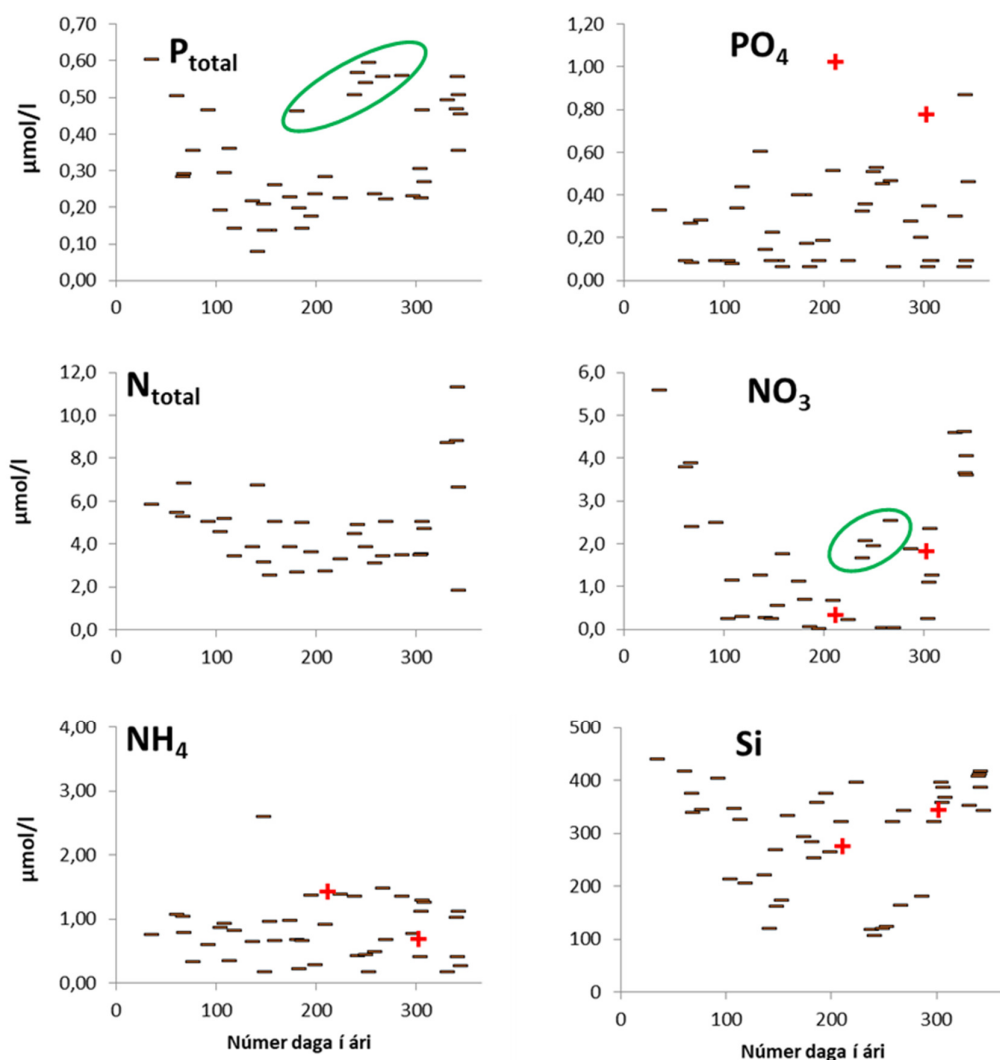
Upptök Jökulsár á Dal eru á basískum berggrunni sem er 0,8–3,3 milljón ára gamall. Jökulrof eykur samskipti vatns og bergs og hefur þannig áhrif á efnastyrk í vatni. Styrkur margra uppleystra efna, s.s. styrkur kísils, er rennslisháður og minnkar með auknu rennsli (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2014). Því er styrkur uppleystra efna í Jökulsá á Dal hærri ofarlega á vatnasviðinu en neðarlega þegar vatn úr hliðarám af eldri berggrunni (<3,3 milljón ára) hefur runnið í meginána. Styrkur fosfats (PO_4) og nitrats (NO_3) í Hnefilsdalsá var lægri en í Jökulsá á Dal og Laxá. Styrkur næringarefnanna PO_4 og NO_3 í Laxá var svipaður og styrkur þeirra í Jökulsá á Dal. Styrkur kísils (Si) lækkaði niður eftir Jökulsá á Dal og er styrkur þess í hliðaránum lægri en í meginfarveginum.

Styrkur margra uppleystra efna breytist með árstíðum í straumvötnum, þar sem styrkur þeirra er oft rennslisháður og/eða háður virkni frumframleiðandi lífvera. Styrkur Si er t.d. rennslisháður en styrkur næringarefna er háður virkni lífríkisins. Árstíðasveifla næringarefna í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga frá 2007–2013 sést vel á 26. mynd (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2014). Niðurstöður mælinga á næringarefnum í sýnum sem safnað var á stöð JD5 í júlí og október 2014 eru einnig sýndar á 26. mynd með rauðum krossi. Styrkur NO_3 , NH_4 og Si í sýnum frá 2014 falla innan þess sem mældist í JD Hjarðarhaga eftir virkjun.

Styrkur NO_3 er hærri á veturna en á sumrin (26. mynd) þar sem sólarljós takmarkar möguleika ljóstillíðandi lífvera í vatnsfallinu og því er minna tekið upp af næringarefnum að vetri. Styrkur PO_4 í sýnum frá 2014 mældist hærri en í sýnasafninu frá 2007–2013, líklega vegna áhrifa af notkun á ólíkum grófleika sía við söfnun. Fosfór er torleyst, yfirborðsvirkt efni sem fellur gjarnan út á örsmáum járnögnum í vatninu (e. *colloids*). Ef járnagnir komast í gegn um síuna, bera þær með sér ásogaðan fosfór sem getur leyst upp í efnagreiningarferlinu, sem er líklegt að hafi gerst í sýnum frá 2014. Það verður því að gera ráð fyrir að hluti þess fosfórs sem var mældur í sýnunum frá 2014 sé ekki á uppleystu formi heldur að hluta til á agnaformi og því síður aðgengilegur ljóstillíðandi lífverum. Líklegt er að styrkur PO_4 í sýnum frá 2014 sé um 50% hærri en hann væri ef 0,2 μm porustærð hefði verið notuð í sýnasöfnuninni.

Grænu hringirnir á 26. mynd eru dregnir utan um mælingar á P-total og NO_3 í sýnum sem safnað var á meðan yfirfallsvatn úr Háslóni var í farvegi Jöklu á árunum 2007–2013. Það sést berlega að styrkur þeirra var hærri í yfirfallsvatninu en í dragavatninu sem rennur í farvegi Jöklu mestan hluta ársins. Hins vegar er ekki um langtímabreytingar að ræða heldur lækkar

styrkur efnanna um leið og yfirfallstímabilinu lýkur og hefur ekki áhrif á lífríkið eftir að síðasta yfirfallsvatnið hefur runnið til sjávar.



26. mynd. Árstíðabundinn styrkur næringarefna í Jökulsá á Dal við Hjarðarhaga í sýnum sem safnað var á tímabilinu 2007 – 2013 (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2014) samanborið við styrk efna í október og júlí 2014. Rauðir krossar tákna styrk efnanna eins og hann mældist í júlí og október 2014 í núverandi rannsókn. Grænir hringir sýna styrk P-total og NO₃ í yfirfallsvatni úr Háslóni á árunum 2007–2013. Mæld gildi fyrir P-total og N-total frá 2014 voru ekki sett inn á myndina þar sem gildin þykja ekki trúverðug.

Áhrif yfirfallsvatns á vatnshita í Jöklu voru mest afgerandi á efstu stöðvunum (JD2 og JD5). Hiti féll um tvær gráður á efstu stöðinni (JD2) milli 1. og 2. september. Eftir því sem neðar dregur í vatnakerfið og fleiri hliðarár bætast í hana verða áhrifin ekki eins afgerandi auk þess sem vatnið hitnar á leið sinni niður farveginn. Sama gildir um vatnshitann líkt og næringarefnin að lækkun hita í Jöklu á yfirfalli eru ekki langtímaáhrif. Um leið og yfirfallsvatn hættir að renna í ána stjórnað vatnshitinn meira af lofthita og öðrum þáttum líkt og í viðmiðunaránum.

4.2 Samfélög botnhryggleysingja og þörunga á botni fyrir og eftir virkjun Jökulsár á Dal

Lífsskilyrði í Jökulsá á Dal að sumri virðast vera hagstæðari fyrir botnhryggleysingja eftir að áin var stífluð og jökulvatn hætti að renna um hana árið um kring. Það sést í meiri þéttleika og fjölbreyttari fínu hryggleysingja í júlí 2014 samanborið við grunnrannsóknirnar sem gerðar voru í ágúst árið 2000. Rétt er að hafa í huga að sýnafylkið árið 2014 var mun stærra en í grunnrannsóknunum eða 10 steinar á móts við 3 á hverri stöð árið 2000. Þéttleiki hryggleysingja og fjöldi tegunda/hópa var meiri á öllum stöðum (JD2, JD3 og JD4) í rannsóknunum árið 2014 samanborið við í ágúst árið 2000 (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001). Svo virðist sem stöðugra rennsli og minna jökulgrugg í Jöklu, eftir uppbyggingu Kárahnjúkavirkjunar, skili sér í auknum þéttleika og fjölbreytni hryggleysingja á botni, sem gæti skilað sér upp fæðukeðjuna t.d. í laxfiska og fugla.

Jöklu svipar nú til dæmigerðar dragár á blágrýtissvæði hvað varðar þéttleika og samsetningu hryggleysingjahópa en þar eru tegundir af undirætt bogmýs og tegundir af undirætt kulmýs, ásamt bitmýi ríkjandi (t.d. Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001, Stefán Már Stefánsson, 2005; Gísli Már Gíslason og Vigfús Jóhannsson, 1985; Jón S. Ólafsson o.fl., 1998) líkt og fannst í Jöklu 2014. Ef horft er til tegundasamsetningar rykmýsins í Jöklu má sjá að ættkvíslirnar *Eukiefferiella*, *Orthocladius* (2 tegundir *O. frigidus* og *O. (O.)* teg A) og *Diamesa* voru algengar, en þessar tegundir eru aðlagðar að köldu rennandi vatni og eru algengar í dragám og jökulám hér á landi (t.d. Gísli Már Gíslason o.fl., 2000; Gísli Már Gíslason o.fl., 2001; Stefán Már Stefánsson, 2005). Fyrir tilkomu Kárahnjúkavirkjunar var rykmý í mjög litlum þéttleika og bitmý fannst ekki í Jöklu vegna óhagstæðra lífsskilyrða (mikið rennsli og grugg) (Hilmar J. Malmquist o.fl., 2001) en lifur og púpur þessara hópa skordýra eru mikilvæg fæða fyrir laxfiska í straumvötnum (t.d. Stefán Óli Steingrímsson og Gísli Már Gíslason, 2002; Hernández o.fl., 2016; Borgstrøm, 2018). Eftir að áin var stífluð hafa verið gerðar rannsóknir á þéttleika, útbreiðslu og ástandi laxfiska í Jökulsá á Dal og hliðarám hennar. Þær athuganir hafa leitt í ljós að rykmý og bitmý eru megin uppistaða fæðu laxfiska í Jöklu (Guðni Guðbergsson og Eydís Njarðardóttir, 2013; Guðni Guðbergsson, 2014; Guðni Guðbergsson og Eydís Njarðardóttir 2017 og 2018) og má því segja að landnám bitmýs og aukinn þéttleiki rykmýs hafi bætt fæðuskilyrði laxfiska í ánni og uppkomu þeirra.

Tegundasamsetning hryggleysingja í Jöklu í júlí var lík því sem sást í viðmiðunaránum. Samkvæmt Bray-curtis skyldleikareikningi voru fjórar af fimm stöðvum í Jöklu með yfir 80% skyldleika við sýnatökustöðina í Hnefilsdalsá og allar stöðvarnar í Jöklu voru með meira en 70% skyldleika við stöðina í Laxá (tafla 9 og 23. mynd). Þessar niðurstöður gefa vísbendingu um að lífsskilyrði í Jöklu séu ekki mjög óstöðug á ársgrundvelli, líkt og getið var um í mati á umhverfisáhrifum Kárahnjúkavirkjunar (Hilmar J. Malmquist, 2001). Aðstæður í Jöklu í júlí 2014, tíu mánuðum eftir yfirfall árið 2013 voru um margt svipaðar og í viðmiðunaránum og virtist hryggleysingjafáran hafa náð að endurheimtast eftir yfirfall árið 2013. Þó verður að benda á að einungis er um eina athugun að ræða og geta aðstæðurnar verið misjafnar milli ára. Rykmý og bitmý, sem voru algengustu hópar hryggleysingja í Jökulsá á Dal í júlí, er þekkt fyrir að vera með fyrstu hryggleysingjunum til að setjast að þegar búsvæði á árbotni er að endurheimtast eftir rask líkt og flóð veldur (t.d. Robinson o.fl., 2004; Doretto o.fl., 2019). Hér á landi eru þessir hópar ríkjandi í straumvötnum. Rannsókn á framvindu botndýrasamfélaga í Elliðaánum vorið 1996, þar sem árfarvegur hafði verið þurr í a.m.k. mánuð fyrir sýnatöku, leiddi í ljós að þar var mikill þéttleiki rykmýslirfa en fjölbreytni var lítil. Þar fundust einkum

mjög smáar lirfur rykmýs (nýklaktar lirfur) sem tilheyrðu að mestu einni tegund, *Eukiefferiella minor*, og var hlutfallslegur þéttleiki þessarar tegundar 75,6% af heildarþéttleika allra botndýra (Jón S. Ólafsson o.fl. 1998).

Fremur lítið magn blaðgrænu *a* mældist í Jöklu bæði í júlí og október 2014, oftast minna en 1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ að meðaltali (0,07–1,94 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) og í viðmiðunaránum var magn blaðgrænu *a* að meðaltali 0,31–1,99 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (mælt með tveimur aðferðum). Blaðgræna *a* var ekki mæld í grunnrannsóknnum og ekki voru heldur tekin sýni af þörungum af árbotninum. Magn blaðgrænu *a* í Jöklu var líkt því sem mælt hefur í tveimur jökulám á Íslandi. Til samanburðar má geta þess að í júlí 2011 mældist magn blaðgrænu *a* 1,0–1,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ mælt með litrófsmæli í Hólmsá í Skaftárhreppi á þremur sýnatökustöðvum í ánni þar sem hún er jökulblönduð lindá (Benóný Jónsson og Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, 2012). Í jökulánni Skaftá mældist magn blaðgrænu *a* með flúrmæli að meðaltali 0,16 og 0,65 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ á tveimur stöðvum í ágúst 2012 (Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson, 2012). Í viðmiðunaránum Laxá og Hnefilsdalsá mældist heldur minna magn blaðgrænu *a* en mældist í dragánni Stóru-Laxá í Árnessýslu og hliðarám hennar í ágúst 2014 (2,2–7,4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ með litrófsmæli, 0,71–2,35 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ með flúrmæli) (Magnús Jóhannsson o.fl., 2015). Og í dragánni Straumfjarðará á Snæfellsnesi mældist magn blaðgrænu *a* um miðjan september 2012 1,33–4,23 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, mælt með flúrmæli (Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir o.fl., 2013).

Mestur þéttleiki grænþörungna var af ættkvíslinni *Ulothrix* úr sýnum í Laxá. Í Jöklu fundust grænþörungar af fleiri ættkvíslum í júlí en október, enda líklegt að þeir þrífist betur yfir sumarið en um haustið. Blábakteríur voru fremur fátíðar og voru það ættkvíslirnar *Dichothrix* og *Nostoc* sem voru algengastar. Hæsta hlutfall blábaktería var í júlí á efstu stöð í Jöklu (JD2) en blábakteríur voru ekki til staðar í sýnum þaðan í október. Engar blábakteríur sáust í sýnum frá Hnefilsdalsá, hvorki um sumar né haust, en mældust þó með flúrmæli. Hlutföll grænþörungna og blábaktería voru oftast hærri mælt með flúrmæli en kom fram í grófflokkuninni. Blábakteríur og grænþörungar mældust á öllum sýnatökustöðvum bæði í júlí og október með flúrmæli, en ekki við grófflokkun. Hafa ber í huga að þetta eru ólíkar aðferðir við mat á hlutföllum þörungahópa.

Samsetning þörungahópa í Jöklu var nokkuð áþekk milli stöðva í júlí, með einhverjum breytileika á milli stöðva þó. Kísilþörungar voru ríkjandi á öllum stöðvum bæði hvað varðar grófflokkun þörungna og blábaktería og blaðgrænumælingum með flúrmæli. Tegundasamsetning kísilþörungna samkvæmt hnitunargreiningu (PCA) var einnig nokkuð lík milli stöðva. Það gefur til kynna að aðstæður sem móta samfélög þörungna í Jöklu hafa verið nokkuð áþekkar frá efstu stöð til þeirrar neðstu fyrir yfirfall en þeir þættir sem hafa hvað mest áhrif á vöxt og tegundasamsetningu þörungna er ljósmagn, hiti, straumur, undirlag og efnasamsetning (Allan og Castillo, 2007). Kísilþörungar eru oft á tíðum ríkjandi hópur þörungna í jökulám og dragám hér á landi (t.d. Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Benóný Jónsson og Magnús Jóhannsson, 2012). Mæld hlutföll blábaktería og grænþörungna voru einnig lík því sem algengt er að sjá í ám á Íslandi, en þau geta verið mjög breytileg á milli vatnsfalla eins og mælingar á blaðgrænu í vatnsföllum á Barðaströnd hafa til dæmis sýnt (Sigurður Már Einarsson, Jón S. Ólafsson og Jóhannes Guðbrandsson, 2019).

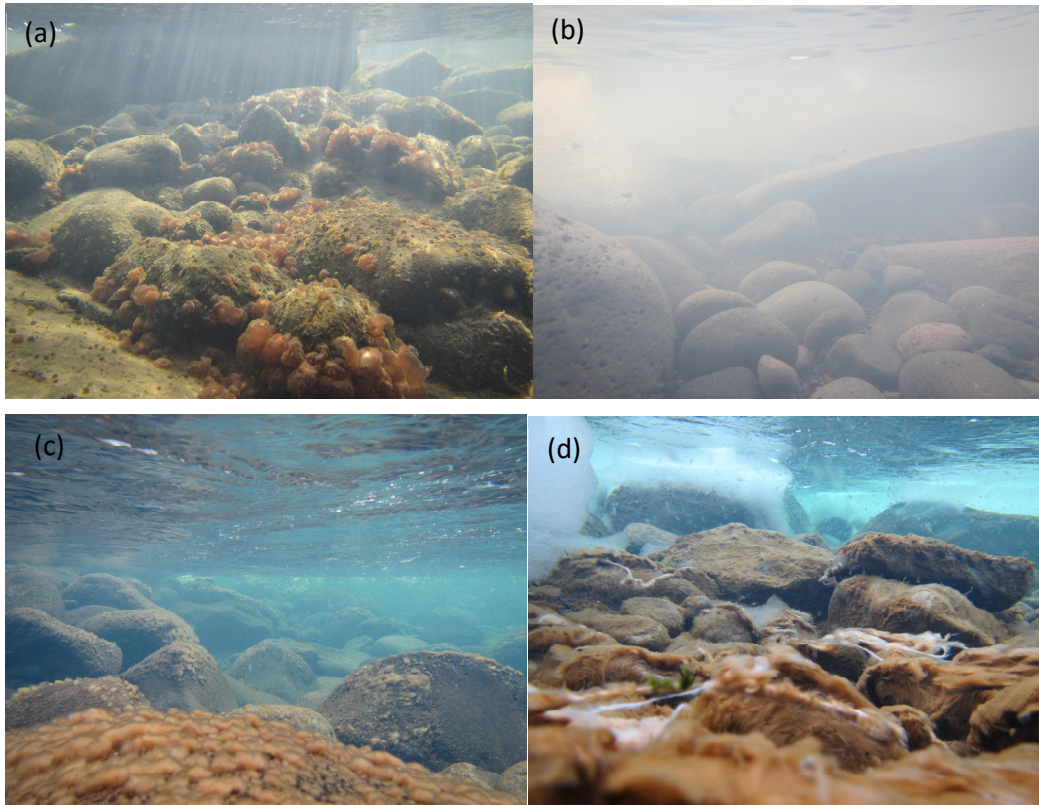
4.3 Áhrif yfirfallsvatns úr Háslóni á vatnalífriki Jöklu

4.3.1 Þéttleiki botnhryggleysingja og magn blaðgrænu a fyrir og eftir yfirfall

Yfirfallsvatn úr Háslóni hafði einkum neikvæð áhrif á þéttleika þörunga og hryggleysingja í efsta hluta Jöklu. Þéttleiki hryggleysingja var marktækt minni á tveimur efstu sýnatökustöðvunum, við Brú (JD2) og við Skjöldólfsstaði (JD5) eftir yfirfall. Til að mynda var munur á þéttleika hryggleysingja um 40 falt minni í október (224 dýr/m^2) eftir yfirfall en fyrir yfirfall í júlí (8.868 dýr/m^2) á efstu (JD2) sýnatökustöðinni. Í viðmiðunaránum var aftur á móti öfugt farið því í október var þéttleiki hryggleysingja langt um meiri en í júlí.

Magn blaðgrænu a (mælt með litrófsmæli) var einnig marktækt minna á tveimur efstu sýnatökustöðvunum (JD2 og JD5) eftir yfirfall (6. mynd). Munur á magni blaðgrænu a á þessum stöðvum mælt með BenthosTorch flúrmæli var þó ekki marktækur. Aðferðirnar tvær mæla blaðgrænu a á ólíkan hátt. Með litrófsmæli er mæld blaðgræna í allri þörungaslikjunni sem tekin er af steinum fyrir mælingar. Flúrmælirinn mælir hins vegar magn blaðgrænu a á yfirborði steina á staðnum, ef þekja þörunga er þykk mælist eingöngu blaðgræna þörunga í efstu lögum. Það þýðir að því þykkari sem þekja þörunga er á steinum því meiri munur getur verið á niðurstöðum þessara mæliaðferða. Þekja þörunga var ekki svo mikil í Jöklu eða viðmiðunaránum að slíkur munur kæmi fram.

Þéttleiki þörunga og blábaktería mældist mun minni á efstu stöðinni í október samanborið við júlí. Þar af voru kísilþörungar marktækt færri í október en þeir höfðu verið í júlí. Sýni sem voru tekin fyrir greiningar á þörungum komu af litlu flatarmáli ($8,6 \text{ cm}^2$ á hverjum steini) og þrjú slík sýni gefa mjög takmarkaðar upplýsingar um þéttleikann yfir allan botninn. Þegar árbotninn var skoðaður af myndum sem voru teknar við vettvangsskoðun kom í ljós að í júlí voru steinarnir á efstu stöðinni í Jöklu (JD2) þaktir þörungum en í október var lítið um þörunga á steinum og var eins og þeir hefðu verið sandblásnir (27. mynd a og b). Til samanburðar var hærri þéttleiki hryggleysingja og meira magn blaðgrænu a (mælt með litrófsmæli) á viðmiðunarstöðvunum í Laxá og Hnefilsdalsá í október þrátt fyrir að nokkuð hafi verið liðið á haustið. Þá var ekki að sjá sambærilega röskun á ljósmyndum af árbotninum í viðmiðunaránum og sást á efstu sýnatökustöðinni í Jöklu (27. mynd c og d). Það rennir stoðum undir að meginorsök hnignunar í þéttleika þörunga og hryggleysingja á efstu sýnatökustöðvunum í Jöklu hafi verið vegna yfirfallsvatnsins úr Háslóni. Áhrif yfirfallsvatns voru ekki eins augljós á öðrum sýnatökustöðvum neðar í árfarveginum, enda er fjarlægðin frá Háslóni þar meiri (65–87 km) og minni áhrifa að vænta frá yfirfallinu.



27. mynd a-d. Árbotn á sýnatökustað JD2 í júlí a) og október b) og Hnefilsdalsá í júlí c) og október d). Ljósmyndir JÁJ.

Þekkt er að skyndileg aukning í rennsli (flóð) hreinsar árbotna af bæði þörungum og hryggleysingjum (Fisher o.fl. 1982), því er mögulegt að yfirfallsvatn hafi haft sambærileg áhrif og flóð. Yfirfallsvatnið hafi því hreinsað árfarveginn áður en síðari sýnataka fór fram í október. Margar tegundir geta skolast burt með vatnsflaumnum sökum meira rennslis. Einnig skiptir máli hversu mikið magn svifaurs er í vatninu en það getur skaðað lífverur bæði beint og óbeint. Skerspenna (e: *shear stress*) eykst með auknum straumpunga og að viðbættu auknu aurmagni eiga lífverur á botni að öllum líkindum erfiðara með að halda sér við undirlagið. Einnig veldur meira aurmagn því að minna ljós nær niður á árbotninn þar sem frumframleiðendur hafast við (t.d. þörungar, blábakteríur, mosi og háplöntur). Fyrir vikið verður minni frumframleiðsla í kerfinu sem leiðir til minna fæðuframboðs fyrir síðframleiðendur (Joint og Pomroy, 1981; Hall, o.fl., 2015). Þá getur aurinn safnast upp á árbotni, grafið hryggleysingja og gert búsvæði þeirra lakara.

Botngerð getur einnig skipt máli um hve áhrifin eru mikil af flóði. Ef mikið er af mól og smáum steinum verður botninn óstöðugri og er hann fer á skrið fara dýr sem eru áföst á steinum með og hreinsast af. Ekki var afgerandi munur á þéttleika hryggleysingja milli sýnatökumánaða hvað sparksýnin varðaði á neðri stöðvunum í Jöklu, en mikil fækkun var á efstu stöðinni en þar var botninn að mestu mól og stórgrýti. Á næst efstu stöðinni (JD5) reyndist fjöldi hryggleysingja í sparksýnum meiri í október heldur en júlí. Það gæti stafað af því að því að botngerðin á stöð JD5 var grófkornótt (grjót og hnúllungar) sem hugsanlega hefur veitt botndýrum aukið skjól.

4.3.2 Tegundasamsetning hryggleysingja og þörungna fyrir og eftir yfirfall

Mikil breyting var á tegundasamsetningu hryggleysingja á efstu sýnatökustöðinni fyrir (júlí) og eftir yfirfall (október) og skýrist fyrst og fremst af því að margar tegundir vantaði í október, sem voru í júlí, fremur en að nýjar tegundir kæmu inn. Helmingi fleiri rykmýstegundir voru til að mynda á efstu stöðinni (JD2) í júlí (8 teg.) heldur en í október (4 teg.) (tafla 6). Í október vantaði einnig tegundir í ána sem fundust í júlí á efstu stöðinni. Svo virðist sem hryggleysingjafáran í Jöklu hafi verið mjög svipuð milli efstu (JD2) og neðstu stöðvar (JD4) (Bray-curtis skyldleiki) í júlí og engin stöð sem skar sig úr. Tegundasamsetning hryggleysingja á sýnatökustöðvum í Jöklu var mjög svipuð því sem hún var í viðmiðunaránum í júlí. Í október var tegundasamsetning hryggleysingja á sömu stöðvum í Jöklu ólíkari því sem hún var í viðmiðunaránum. Má því gera ráð fyrir að aðstæður á efstu stöðvunum í Jöklu hafi verið óhagstæðar fyrir helstu hryggleysingjahópana á meðan yfirfallinu stóð og eftir það. Sú breyting var einnig í Jöklu að hlutur bitmýs jókst á öllum sýnatökustöðvum, en þó mest á þeim þremur efstu (JD2, JD5 og JD3) í öllum sýnum (steina-, spark og reksýnum) í október og var hlutdeild bitmýs meiri þar en rykmýs sem var ríkjandi á öllum stöðvum í júlí. Hlutur bitmýs jókst þó einnig í Laxá en var svipaður í Hnefilsdalsá milli sýnatökumánaða. Sýnt hefur verið fram á að bitmý er nokkuð vel aðlagð að miklum straumhraða og virðist þola flóðatímabil í ám vel. Skýringin á því liggur eflaust í því að á afturenda lírfanna eru sterkar griplær sem þær nota til að halda sér við árbotninn (Hart, o.fl., 1991; Weissenberg o.fl., 1991).

Munur á hlutföllum bitmýs og rykmýs milli sýnatökumánaða á efstu stöðvunum í Jöklu gæti einnig skýrst af mismun í fæðuskilyrðum fyrir þessa hópa hryggleysingja. Þvinguð hnitunargreining (RDA) sýnir að sá munur sem sást á samfélögum hryggleysingja milli stöðva og sýnatökumánaða skýrist að mestu af fínu lífrænu efni (FPOM; e: *fine particulate organic material*) og magni blaðgræna a (lífmassa þörungna) á steinum. Vatnshiti útskýrði einnig marktækan mun en þó minna en fyrrnefndar breytur eða 11% á móts við 43%. Rykmýstegundirnar sem greindust í þessari rannsókn og voru algengastar (t.d. *E. minor*, *E. claripennis*, *D. bohemani/zernyi*-hópur, *O. (O.) frigidus*) eru flestar skraparar og nýta sér þörungna, bakteríur eða sveppi sem vaxa á grjóti á árbotninum en bitmýið er síari (e: *filter feeders*) sem nýtir sér fínt lífrænt efni sem rekur niður ána (Cummins, 1973; Merrit og Cummins, 1996). Lítil þéttleiki botnþörungna, og þar með lítið fæðuframboð fyrir skrapara, gæti skýrt hvers vegna rykmý sest seinna að á efstu stöðvum Jöklu en bitmýið sem síar lífrænar svifagnir úr vatninu. Áður hefur verið sýnt fram á að blaðgræna a (lífmassi þörungna) og fínt lífrænt efni er stór þáttur í því að móta samfélög hryggleysingja, þá sérstaklega samfélög rykmýs, í jökulám og straumvötnum inn til landsins (t.d. Milner, o.fl., 2001; Niedrist og Fureder, 2016).

Vatnshiti var einnig sá þáttur sem hafði mótandi áhrif á tegundasamsetningu botnhryggleysingja, en hann er þekktur fyrir að vera mikilvægur í vistfræðilegum og lífefnafræðilegum ferlum í ám (Caissie 2006, Webb o.fl. 2008). Vel er þekkt að útbreiðsla fljúgandi skordýra, þar á meðal rykmýs og bitmýs, er meðal annars háð hita en hann hefur áhrif á vöxt, þroska og klak svo framarlega sem aðrir þættir eru ekki takmarkandi (t.d. Milner, o.fl. 2001; Niedrist og Fureder, 2016; Tokhesi, 1995; Taylor, 1981)

Það flækir þó málið að kynslóðatími rykmýstegunda (sem var algengasti hryggleysingjahópurinn í júlí), sem og bitmýs á norrænum slóðum er misjafn og mesta klakið á sér stað yfir sumartímenn þegar hiti er jafnan hæstur. Yfirleitt er um eitt klak að ræða en stundum fleiri (t.d. Danks og Oliver, 1972; Lindegaard, 1992; Tokhesi, 1995; Jón S. Ólafsson, 1994; Stefán Már

Stefánsson 2005; Elísabet R. Hannesdóttir, 2012). Í gögnunum mátti greina að hlutföll sumra rykmýstegunda voru ívið hærri (t.d. *E. claripennis*, *D. bohemani/zernyi*-hópur) eða lægri (*O. (O.) frigidus*, *Thienemanniella*) í október en í júlí bæði í Jöklu og í viðmiðunaránum (22. mynd) og er það sennilega tengt mismunandi kynslóðatímabili tegunda.

Lífræn framleiðsla er meiri að sumri en vetri, frumframleiðendur fjölga sér hvað mest yfir sumartímamann og er líður að hausti og vetri dregur oftast úr framleiðni þeirra (Rosemond, 1994). Án efa voru samspil árstíðabundins vaxtar frumframleiðenda og áhrif af yfirfallinu megin ástæður fyrir þeim mismun sem mældist í þéttleika frumframleiðenda milli sýnatökutíma. Þess má geta að í rannsóknum á kísilþörungum í Lagarfljóti yfir sumrin 2006, 2007, 2011 og 2012 hefur komið fram munur á milli ára í því hvenær mælist mesta magn frumframleiðenda yfir sumarið, sem líklega tengjast helst veðurfari fyrri hluta hvers árs og magni svifauers í vatninu á sama tíma (óbirt gögn Hafrannsóknastofnunar). Sumarið 2006 náði rannsóknin í Lagarfljóti lengra fram á haustið en hin rannsóknarárin. Þá hafði dregið verulega úr magni blaðgrænu *a* og fjölda kísilþörungum í lok október miðað við það sem mældist í upphafi september sama ár, líklega vegna árstíðabreytinga eins og lækkanði vatnshita og minni birtu (Iris Hansen o.fl., 2013). Í viðmiðunaránum Laxá og Hnefilsdalsá mældist meiri blaðgræna um haustið en hafði mælst í júlí og breytingar í þörungasamfélögum voru aðrar en urðu í Jöklu. Af þeim umhverfisbreytum sem voru mældar í rannsókninni 2014 gæti vatnshiti í september skýrt þennan mun að einhverju leyti. Um haustið þegar yfirfallsvatn fór að renna í Jöklu lækkaði vatnshiti í ánni á öllum stöðvum en vatnshiti í viðmiðunaránum hélst nokkrum gráðum hærri í um það bil þrjár vikur í september (4. mynd). Að auki hefur gruggugt yfirfallsvatnið sem rann í farvegi Jöklu í september væntanlega um leið dregið úr birtuskilyrðum á botni fyrir botngróður. Aðstæður fyrir vöxt þörungum og annars gróðurs í viðmiðunaránum héldust þannig líklega betri lengur fram á haustið, með hærri vatnshita og meiri birtu en í Jöklu. Má álykta að vaxtartímabil þörungum í Jöklu hafi orðið styttra en annars hefði orðið vegna áhrifa af yfirfallsvatni úr Hálslóni, þó að ekki væru merki um að aukið rennsli hafi haft mikil áhrif á lífríkið í neðri hluta Jöklu.

Allar tegundir kísilþörungum sem voru einkennandi í Jöklu og viðmiðunaránum eru algengar tegundir hérlandis. Á hverjum stað verða aðstæður þannig að mismunandi tegundir koma og fara, sumar tegundir ná sér á strik, þrífast og vaxa yfir sumarið og aðrar tegundir ná hámarki fyrr og hopa eftir það. Það getur verið mismunandi á milli ára hvenær ákveðnar tegundir ná árstíðabundnu hámarki, til dæmis eftir því hvernig tíðin er eða veðurfar. Þannig náðu tegundirnar *Fragilaria cf. vaucheria* og *F. gracilis* hæstu hlutfalli á mismunandi tímum yfir sumrin fjögur sem rannsóknir á kísilþörungum í Lagarfljóti fóru fram (Iris Hansen o.fl., 2013 og óbirt gögn Hafrannsóknastofnunar). Eins geta skammtíma breytingar í umhverfisaðstæðum eins og breytt næringarefnaframboð, breytt hitastig, breytt birtuskilyrði eða aukið rými til vaxtar leitt til breytinga á hlutföllum tegunda með ólíka hæfni til að nýta sér mismunandi aðstæður. Aukið rými á til dæmis við um tegundir sem eru ásætur og vaxa á gróðri eins og mosa eða öðrum vatnagróðri sem eykst er líður á sumarið. Aukið rými getur líka myndast þegar þörungar hreinsast burtu til dæmis vegna flóða eða einhvers álags sem þeir þola ekki, svo sem mikið breyttum umhverfisaðstæðum eða efnamengun. Tegundir sem þola álagið eða tegundir sem eru fyrstar að koma á svæðið eftir breytingarnar, geta þá náð sér á strik á undan öðrum. Kísilþörungur eins og *Achnanthes minutissimum* eru dæmi um slíkar landnemattegundir (Stevenson og Bahls, 1999).

Mesta breyting sem varð á samfélagi kísilþörungum frá júlí til október kom fram á efstu sýnatökustöðinni í Jöklu (JD2). Á næstu stöð þar fyrir neðan (JD5) varð einnig töluverð breyting

á tegundasamsetningu og þéttleika kísilþörunga. Árstíðabundin framvinda samfélaga kísilþörunga réð mestu um breytingar á hlutföllum tegunda á þremur neðstu sýnatökustöðvunum í Jöklu (JD3, JD6 og JD4). Flestar tegundir kísilþörunga í Jöklu voru þær sömu og fundust í viðmiðunaránum, Laxá og Hnefilsdalsá, en hlutföll tegunda og framvinda var önnur. Í Hnefilsdalsá voru fáar ríkjandi tegundir sem höfðu um haustið náð miklum þéttleika, en í Laxá líktist tegundasamsetningin meira þeirri sem fannst í Jöklu þó að þéttleiki kísilþörunga þar hafi að jafnaði verið meiri en á sýnatökustöðvunum í Jöklu.

Breytingar á tegundasamsetningu og þéttleika kísilþörunga á stöð JD2 gáfu til kynna að flestir kísilþörungar þar hafi skolast burt eða horfið með öðrum hætti einhvern tíma eftir sýnatöku í júlí og fyrir sýnatöku í október. Ríkjandi kísilþörungum í júlí, eins og hinar botnföstu *Gomphonema* tegundir og fljótandi *Nitzschia* tegundir hafði fækkað verulega í október. Í stað þeirra höfðu landnemattegundir, sem oft eru fyrstar af stað á vorin, eins og tegundahópurinn *Achnanthydium minutissimum* og líkar tegundir og tegundirnar *Fragilaria cf. vaucheriae* og *F. gracilis* náð sér á strik og orðið hlutfallslega algengastar í október þó að þéttleiki þeirra (fjöldi á cm²) væri líkur því sem hann hafði mælt í júlí. Straumur efst í Jöklu sem jókst mjög við losun yfirfallsvatns úr Háslóni gæti hafa valdið þessum breytingum, en áhrifin af rennslisbreytinum voru ekki eins miklar neðar í ánni. Aukinn fjölbreytileiki kísilþörunga á stöð JD2 í október samantíð við júlí skýrðist helst af því að mun færri kísilþörungar fundust þar í október og því þurfti að greina úr hlutfallslega stærri hluta af sýnum til að ná lágmarksfjölda í úrtökin. Ekki er víst að tegundunum hafi fjölgað í raun svo mikið á milli tímabila heldur hafi stök eintök af ýmsum tegundum fundist í stærra úrtaki.

Á næst efstu stöðinni í Jöklu (JD5) sýndu tegundasamsetning kísilþörunga einkenni sem voru á milli þess sem sást á efstu stöðinni JD2 og neðri stöðvanna þriggja JD3, JD6 og JD4. Á stöð JD5 breyttust hlutföll tegunda líkt og á stöðinni fyrir ofan (JD2) þannig að kísilþörungar af *Fragilaria* ættkvísl voru orðnir mun færri í október miðað við það sem sást í júlí á sama stað. Í júlí var þéttleiki *Fragilaria cf. vaucheriae*, *F. gracilis* og hópsins *Staurosira pinnata* var. *pinnata* og líkra tegunda mestur í Jöklu á þessari sýnatökustöð og var þéttleikinn líkur því sem mældist í Laxá á sama tíma. En líklega hefur aukinn straumur orðið til þess að þeim hafði fækkað verulega í október. Á stöðvunum sem voru neðar í Jöklu voru þessar tegundir líka hlutfallslega færri í október miðað við júlí, en þó voru það ekki eins miklar breytingar og sáust á efstu stöðvunum tveimur. Þetta eru tegundir sem festast mjög lauslega við botn, eru gjarnan fljótandi rétt ofan við botninn eða ofar í vatnsmassa. Það veldur því að þær skolast auðveldlega burtu, en geta einnig verið fyrstar á svæðið eftir slíka atburði. Sýnatökustöðin JD5 skar sig frá hinum stöðvunum í Jöklu að því leiti að smáaxnar tegundir voru nokkuð algengar þar í október en voru fátíðar í júlí. Þetta voru *Encyonema reichardtii*, *Nitzschia cf. inconspicua* og líkar tegundir, *A. minutissimum* og líkar tegundir og *Adlafia langebertalotii*. Þessar tegundir virðast hafa náð að fjölga sér eftir að aðrar tegundir hafa hopað á stöð JD5. Líkt og á stöð JD2 fækkaði botnföstu tegundinni *Gomphonema cf. rhombicum* mikið á tímabilinu á milli júlí og október á stöð JD5, líklega vegna aukins straums, en neðar í Jöklu hélst þéttleiki tegundarinnar líkur eða jókst um leið og hlutföll tegundarinnar hækkuðu. Tegundahópurinn *G. cf. pumilum* dafnaði hins vegar vel á tímabilinu frá því í júlí fram í október á fjórum neðri stöðvum í Jöklu (JD5, JD3, JD6 og JD4) og var ríkjandi þar um haustið. Þessi tegundahópur var einnig ríkjandi í Lagarfljóti sumarið 2012 þegar mikill svifaur var í vatninu (óbirt gögn Hafrannsóknastofnunar).

Á þremur neðri sýnatökustöðvum í Jöklu (JD3, JD6 og JD4) benti fátt til að skyndileg breyting hafi orðið á milli sýnatökutímabila miðað við hvaða kísilþörungar fundust þar. Eins og fyrr segir

einkenndust stöðvarnar þrjár af tegundahópnum *G. cf. pumilum* og líkar tegundir, sem var þar ríkjandi bæði í júlí og október. Tegundahópurinn á þeim stöðvum hefur þolað betur breytingar eins og lægri vatnshita og aukinn svifaur sem fylgdi yfirfallsvatni úr Háslóni en aðrar tegundir sem voru þar til staðar í júlí. Aðrar breytingar áttu sér stað í viðmiðunaránum Laxá og Hnefilsdalsá á sama tíma, þar sem hlutfall og þéttleiki tegundahópsins lækkaði og kísilþörungum af öðrum tegundum fjölgaði.

Ein af einkennistegundum Jöklu *G. cf. rhombicum* fannst ekki í viðmiðunaránum Laxá og Hnefilsdalsá af óútskýrðum ástæðum, en tegundin hefur til dæmis sjaldan fundist í Lagarfljóti (Iris Hansen og Jón S. Ólafsson, í handriti). Hlutföll og þéttleiki tegunda voru mun breytilegri á milli steina í Hnefilsdalsá og Laxá en sást í Jöklu. Átti það helst við um tegundir sem eru botnfastar og eiga til að fjölga sér mjög mikið á blettum, eins og smávöxnu tegundirnar í tegundahópnum *A. minutissimum* og líkar tegundir og tegundirnar *A. langebertalotii* og *E. reichardtii* (Cantonati, Kelly og Lange-Bertalot, 2017). Í Laxá var þéttleiki og hlutföll þessara smávöxnu tegunda og hópsins *G. cf. pumilum* og líkar tegundir mjög breytileg á milli þriggja sýna vegna hnappdreifingar þeirra. Það leiddi til að ekki var samræmi á milli meðaltala af hlutfalli þessara tegunda á þremur steinum og þess hlutfalls sem meðal þéttleiki fyrir hverja af þessum tegundum gaf til kynna að ætti að vera í júlí (tafla 5). Kísilþörungum af þessum tegundum fækkaði á milli júlí og október í Laxá en um leið jókst hlutfall þriggja algengustu *Fragilaria* tegundanna *Fragilaria cf. vaucheriae*, *F. gracilis* og *F. tegund 1* þó að þéttleiki þeirra væri lægri í október eða lítið breyttur frá því í júlí. Tegundasamsetning kísilþörungaflórunnar í Laxá breyttist þó fremur lítið á milli júlí og október sé lítið til niðurstaðna úr fjölþáttagreiningu. Má líklega skýra það með að fátt hafi borið til tíðinda, árstíðabundin framvinda hafi verið ráðandi án mikilla breytinga í hlutföllum ráðandi tegunda.

Í Hnefilsdalsá voru eins og fyrr segir færri tegundir ráðandi en á öðrum sýnatökustöðvum, en þar mældist mestur þéttleiki kísilþörungum í október. Hafði þar mikið að segja að meðalþéttleiki *A. minutissimum* var mjög hár í október. Tegundir sem greinast sem hluti af hópnum *A. minutissimum* eiga til að fjölga sér mjög hratt við aðstæður sem eru þeim hagstæðar. Í Hnefilsdalsá hafði þéttleiki margra annarra tegunda aukist á milli sýnatökuferða, einkum fimm tegunda sem fyrr eða nú tilheyrðu *Fragilaria* ættkvísl (viðaukatafla I). Þó jókst hlutfall þeirra ekki eins mikið og þéttleikinn sagði til um, vegna þess hve hátt hlutfall tegundahópsins *A. minutissimum* var á sama tíma. Líklega hafa aðstæður haldist stöðugri og betri fyrir þessar tegundir til að vaxa í Hnefilsdalsá en í Jöklu, þar sem gætti áhrifa af yfirfallsvatni úr Háslóni. Hinir botnföstu kísilþörungur sem tilheyrðu *G. cf. pumilum* hópnum hafa líklega orðið undir í samkeppni um rými á steinum. Einnig gætu ólíkar efnafræðilegar aðstæður í Hnefilsdalsá, Laxá og Jöklu skýrt hluta af breytileikanum. Flestar af algengustu tegundunum tólf (tafla 5) eru taldar vaxa betur við næringarsnauðar aðstæður og eru jafnvel viðkvæmar fyrir næringarefnaauðgun eins og *A. langebertalotii* (Monnier o.fl., 2012) *F. gracilis* og *G. rhombicum* (Cantonati o.fl., 2017) og tegundin sem líkist algengustu tegundinni í tegundahópnum *G. cf. pumilum* og líkum tegundum þ.e. *G. micropumilum*, (Levkov, Mitić-Kopanja og Reichardt, 2016). Sumar tegundir sem gætu tilheyrt hópnum *A. minutissimum* vaxa jafnvel betur við aukið næringarefnaframboð (Cantonati o.fl., 2017), en líklega átti það ekki við um tegundirnar sem fundust í Jöklu og viðmiðunaránum. Það er ályktað út frá stærð fruma sem þó hafa ekki verið greindar nákvæmlega til tegunda. Tegundir sem tilheyrðu *Nitzschia* ættkvísl og fundust á öðrum sýnatökustöðvum í Jöklu og Laxá, voru flestar einkennandi fyrir

næringarsnauðar aðstæður (Cantonati o.fl., 2017). Áberandi lítið fannst af þeim á stöð HN2 miðað við aðrar sýnatökustöðvar (viðaukatafla I).

4.3.3 Áframhaldandi rannsóknir

Í ljósi þess að yfirfallsvatn hefur neikvæð áhrif á þéttleika hryggleysingja og þörungna á efstu stöðvunum í Jöklu væri mikilvægt að fylgjast með því hvernig þróun landnáms hryggleysingja og þörungna verður á árbotninum eftir yfirfall. Einnig hversu margar kynslóðir ryk-og bitmýs, sem eru lykilhópar hryggleysingja í ánni og stór hluti af heildar framleiðslu Jöklu, ná að komast upp áður en yfirfall verður aftur. Til að geta metið framleiðslu þarf magnbundin sýnataka að fara fram mun oft, en á færri sýnatökustöðvum, en gert var í rannsókninni frá 2014. Rannsóknin þyrfti að ná yfir tímabil sem er lengra en ævi hvernar kynslóðar. Ein sýnataka yrði framkvæmd rétt fyrir yfirfall, ein á meðan yfirfalli stendur og ein rétt eftir yfirfall. Áframhaldandi sýnataka yrði svo á völdum stöðvum því sem næst mánaðarlega til næsta yfirfalls. Með þéttri sýnatöku verður óvissa um árstíðabundin áhrif minni og myndi það styrkja niðurstöður og ályktanir vegna áhrifa yfirfallsvatns Háslóns á vatnalífriki Jökulsár á Dal.

5. Þakkir

Jón Ágúst Jónsson og Rán Þórarinsdóttir aðstoðuðu við gagnasöfnun árið 2014. Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir aðstoðaði við mælingar á blaðgrænu með litmæli og Jónína Herdís Ólafsdóttir mældi lífræn efni í vatni (FPOM). Elín Guðmundsdóttir annaðist kortagerð og Kristín Ágústsdóttir las skýrsluna yfir og færði margt til betri vegar. Öllum sem lagt hafa verkefninu lið eru færðar bestu þakkir fyrir samstarfið.

Heimildir

- Allan J.D. & Castillo M.M. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Springer, Dordrecht, Holland.
- Almeida, S.F.P., Craveiro S.C. & Calado, A.J. (2010). On the identity and distribution in northern Portugal of three Gomphnema species currently misidentified as Gomphonema clevei. *Diatom Research* 25(1), 13–27.
- Arnpór Garðarsson & Árni Einarsson (1994). Responses of breeding duck populations to changes in food supply. *Hydrobiologia* 279 (280), 15–27.
- Arnpór Garðarsson & Árni Einarsson (1997). Numbers and production of Eurasian wigeon in relation to conditions in a breeding area, Lake Myvatn, Iceland. *Journal of Animal Ecology* 66, 439–451.
- Arnpór Garðarsson (2006). Temporal processes and duck populations: examples from Mývatn. *Hydrobiologia* 567, 81–100.
- Ashburner, M. (1989). *Drosophila: A laboratory manual*. Cold spring Harbor laboratory press, United States of America: New York.
- Bellinger, E.G. & Sigeo, D.C. (2010). *Freshwater Algae: Identification and use as bioindicators* (2. útgáfa) West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Benóný Jónsson & Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir (2012). Fisk- og smádyrarannsóknir í Hólmsá 2011. Unnið fyrir Landsvirkjun og Orkusöluna ehf. Veiðimálastofnun VMST/12012, LV-2012-105, ORK-1209. 24 bls.
- Borgstrøm, R., Aas, M. Hegseth, H. & J. Brian Dempson, J.B. og Svenning, M.A. (2018). *Lepidurus arcticus* (Crustacea: Notostraca); an unexpected prey of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in a High Arctic river. *Boreal environment research* 23, 149–157.
- Biggs, B.J.F. & Kilroyd, C. (2000). *Stream periphyton monitoring manual*. Christchurch: NIWA.
- Caissie, D. (2006). The thermal regime of rivers: a review. *Freshwater Biology* 51, 1389–1406.
- Cantonati, M. Kelly, M.G og Lange-Bertalot, H. (ritstjórar). (2017). *Freshwater benthic diatoms of central Europe: over 800 common species used in ecological assessment*. English edition with updated and added species. Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books.
- Cranston, P.S. (1982). *A key to the larvae of the British Orthocladinae (Chironomidae)*. London: Freshwater Biological Association Scientific Publication.
- Cranston, P.S., Oliver, D.R. & Sæther, O.A. (1983). The larvae of Orthocladinae (Diptera: Chironomidae) of Holarctic region – Keys and diagnoses. Í Wiederholm, T. (ritstj.), *The larvae of Chironomidae (Diptera) of the Holarctic region – Keys and diagnoses* (bls.149–291). London: Entomologica Scandinavica, Supplement.
- Cummins, K.W. (1973). Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 18, 183–206.
- Danks, H.V. & Oliver, D.R. (1972). Seasonal emergence of some high Arctic chironomidae (Diptera). *The Canadian Entomologist* 104, 661–686.
- Doretto, A., Bo, T., Bona, F., Apostolo, A., Bonetto, D. & Fenoglio, S. (2019). Effectiveness of artificial floods for benthic community recovery after sediment flushing from a dam. *Environmental Monitoring Assess* 191 (88), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7232-7>

- Elísabet Ragna Hannesdóttir, Gísli Már Gíslason & Jón S. Ólafsson (2012). Life cycles of *Eukiefferiella claripennis* (Lundbeck 1898) and *Eukiefferiella minor* (Edwards 1929) (Diptera: Chironomidae) in spring-fed streams of different temperatures with reference to climate change. *Fauna Norvegica* 31, 35–46.
- Erlín Emma Jóhannsdóttir (2016). *Tegundaffjölbreytni og útbreiðsla rykmýssamfélaga (Chironomidae) í fjöruvist stöðuvatna á Íslandi*, meistararitgerð, Líf-og umhverfisvísindadeild: Háskóli Íslands.
- Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jörunn Harðardóttir, Svava Björk Þorlákssdóttir, Árný E. Sveinbjörnsdóttir & Rebecca A. Neely (2014). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Austurlandi* X. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar. Raunvísindastofnun Háskólans, Reykjavík, RH-13-2013, 123 bls.
- Fisher, S.G., Gray, L.J., Grimm, N.B. & Busch, D. E. (1982). Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding. *Ecological Monographs*, 51(1). 93–110. DOI: 10.2307/2937346
- Gísli Már Gíslason & Vigfús Jóhannsson (1985). Bitmýið í Laxá í Suður-Pingeyjarsýslu. *Náttúrufræðingurinn* 55 (1):175–194.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson & Hákon Aðalsteinsson (1998). Animal communities in Icelandic Rivers in relation to catchment characteristics and water chemistry. *Nordic Hydrology*, 29, 129–148.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson & Hákon Aðalsteinsson (1999). Macroinvertebrate communities in rivers in Iceland. Í: *Biodiversity in Benthic Ecology* (ritstj. N. Friberg og J.D Carl). Proceedings from Nordic Benthological Meeting in Silkeborg, Denmark, 13.–14. November 1997. NERI Technical Report, No. 266. Bls. 53–51.
- Gísli Már Gíslason, Jón S. Ólafsson & Hákon Aðalsteinsson, (2000). Life in glacial and alpine rivers in central Iceland in relation to physical and chemical parameters. *Nordic Hydrology* 31, 411–422.
- Gísli Már Gíslason, Hákon Aðalsteinsson, Iris Hansen, Jón S. Ólafsson, & Kristín Svavarsdóttir (2001). Longitudinal changes in macroinvertebrate assemblages along a glacial river system in central Iceland. *Freshwater Biology* 46, 1737–1751.
- Guðni Guðbergsson & Eydís Njarðardóttir (2013). *Útbreiðsla og ástand seiða í Jökulsá á Dal og hliðarám hennar 2013*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun og Veiðifélag Jökulsár á Dal. Reykjavík: Veiðimálastofnun.
- Guðni Guðbergsson (2014). *Útbreiðsla og ástand seiða í Jökulsá á Dal og hliðarám hennar 2014*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun og Veiðifélag Jökulsár á Dal. Reykjavík: Veiðimálastofnun.
- Guðni Guðbergsson & Eydís Njarðardóttir (2017). *Útbreiðsla og ástand seiða og veiði á vatnasvæði Jökulsár á Dal og Fögruhlíðarár 2016*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Guðni Guðbergsson & Eydís Njarðardóttir (2018). *Útbreiðsla og ástand seiða og veiði á vatnasvæði Jökulsár á Dal og Fögruhlíðarár 2017*. Skýrsla unnin fyrir Landsvirkjun. Reykjavík: Hafrannsóknastofnun.
- Hall Jr.R.O., Yackulic, C.B., Kennedy, T. A., Yard, M.D., Rosi-Marshall, E. J., Voichick, N. & Behn, K.E. (2015). Turbidity, light, temperature, and hydropeaking control primary productivity in the Colorado River, Grand Canyon. *Limnology and Oceanography* 60, 512– 526.
- Hart, D.D., Merz, R.A., Genovese, S.J. & Clark, B.D. (1991). Feeding postures of suspension feeding larval black flies: the conflicting demands of drag and food acquisition. *Oecologia* 85, 457– 463.
- Hernández, J. S., Gabler, H.M. & Amundsen, P.A. (2016). Food resource partitioning between stream-dwelling Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.), Atlantic salmon *Salmo salar* L. and alpine bullhead *Cottus poecilopus* Heckel, 1836: an example of water column segregation. *Hydrobiologia* 783, 105–115.

- Hilmar J. Malmquist, Guðni Guðbergsson, Ingi Rúnar Jónsson, Jón S. Ólafsson, Finnur Ingimarsson, Erlín E. Jóhannsdóttir, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Sesselja G. Sigurðardóttir, Stefán Már Stefánsson, Iris Hansen & Sigurður S. Snorrason (2001). *Vatnalífriki á virkjanaslóð. Áhrif fyrirhugaðrar Kárahnjúkavirkjunar ásamt Laugarfellsveitu, Bessastaðaárveitu, Jökulsárveitu, Hafursárveitu og Hraunaveitu á vistfræði vatnakerfa*. Unnið fyrir Náttúrufræðistofnun Íslands og Landsvirkjun (LV-2001/025). Reykjavík, 254 bls.
- Hilmar J. Malmquist, Jón S. Ólafsson, Guðni Guðbergsson, Þórólfur Antonsson, Skúli Skúlason & Sigurður S. Snorrason (2003). *Vistfræði- og verndarflokkun íslenskra stöðuvatna. Verkefni unnið fyrir Rammaáætlun um nýtingu vatnsafls og jarðvarma*. Áfangaskýrsla. Kópavogur: Náttúrufræðistofa Kópavogs.
- Hofmann, G., Lange-Bertalot, H. & Werum, M. (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.
- Iris Hansen & Jón S. Ólafsson (í handriti). *Kísilþörungar og smádýr í Lagarfljóti 2011–2012*. Hafrannsóknastofnun, rannsókn- og ráðgjafastofnun hafs og vatna, HV2019-027/Landsvirkjun.
- Iris Hansen, Eydís Njarðardóttir, Finnur Ingimarsson, Haraldur R. Ingvason & Jón S. Ólafsson. (2013). *Kísilþörungar og smádýr í Lagarfljóti 2006–2007*. Veiðimálastofnun / Landsvirkjun, VMST/13037, LV-2013-068, 77 bls.
- John, D.M., Whitton, B.A. & Brook, A.J. (2011). *The freshwater algal flora of the British Isles: An identification guide to freshwater and terrestrial algae* (2. útgáfa). Cambridge: Cambridge University Press.
- Joint, I. R. & Pomroy, A. J. (1981). Primary production in a turbid estuary. *Elsevier*, 13(3). [https://doi.org/10.1016/S0302-3524\(81\)80028-X](https://doi.org/10.1016/S0302-3524(81)80028-X).
- Jón S. Ólafsson (1994). *Rannsóknir á varpi og afkomu rykmýs í Mývatni 1992–1993*. Reykjavík: Umhverfisráðuneytið.
- Jón S. Ólafsson, Guðrún Lárusdóttir & Gísli Már Gíslason (1998). *Botndýralíf í Elliðaánum*. Líffræðistofnun Háskólans. Fjölrit 41. 51 bls.
- Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson & Gísli Már Gíslason (2001). Classification of running waters in Iceland, based on catchment characteristics. Í S. Bäck & K. Karttunen (ritstj.) Classification of Ecological Status of Lakes and Rivers. *TemaNord 2001*, 584, 57–59.
- Jón S. Ólafsson, Hákon Aðalsteinsson, Gísli Már Gíslason, Iris Hansen & Þóra Hrafnisdóttir (2002). Spatial heterogeneity in lotic chironomids and simuliids in relation to catchment characteristics in Iceland. *Verh. Int. Verein. Limnol.*, 28, 157–163.
- Kelly, M. (2013). *Identification of common benthic diatoms in rivers* (endurprentuð útgáfa). Telford: FSC Publications.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1997a). *Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/1* (ritstj. H. Ettl, J. Gerloff, H. Heying og D. Mollenhauer). (Óbreytt endurpentun frá 2007 á endurskoðaðri útgáfu frá 1997). Berlin: Spectrum Akademischer Verlag Heidelberg.
- Krammer, K. & 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 endurpentun frá 2007 á endurskoðaðri útgáfu frá 1997). Berlin: Spectrum Akademischer Verlag Heidelberg.
- Krammer, K. & 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). Berlin: Spectrum Akademischer Verlag Heidelberg.

- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (2004b). *Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnanthaceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa 2/4* (ritstj. H. Ettl, G. Gärtner, J. Gerloff, H. Heying og D. Mollenhauer). (Endurskoðað útgáfa). Berlin: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.
- Lencioni, V. & B. Rossaro (2005). Microdistribution of chironomids (Diptera: Chironomidae) in alpine streams: an autoecological perspective. *Hydrobiologia* 533, 61–76.
- Levkov, Z., Mitić-Kopanja, D. & Reichardt, E. (2016). The diatom genus Gomphonema from the Republic of Macedonia. Í Lange-Bertalot, H (ritstj.), *Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats*. 8. hefti. Oberreifenberg: Koeltz Botanical Books.
- Lindegaard, C. (1992). Vertical distribution, abundance, population dynamics and production Zoobenthos ecology of Thingvallavatn. *Oikos* 64, 257–304.
- Lorenzen, C.J. (1967). Determination of chlorophyll in pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.* 12: 343–346.
- Lotter, A.F., Birks, H. J. B., Hofmann, W. & Marchetto, A. (1997). Modern diatom, cladocera, chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate. *Journal of Paleolimnology* 18, 395–420.
- Lotter, A.F., Birks, H. J. B., Hofmann, W & Marchetto, A. (1998). Modern diatom, cladocera, chironomid and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. II. Nutrient. *Journal of Paleolimnology* 19, 443–463.
- Magnús Jóhannsson, Benóný Jónsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir & Jón S. Ólafsson (2015). Stóra-Laxá í Hreppum. Vatnalíf, veiðinytjar og virkjun. Unnið fyrir Landsvirkjun. Veiðimálastofnun, VMST/15011; LV-2015-128, 81 bls.
- Merritt, R.W. & Cummins, K.W. (1996). *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Dubuque Iowa: Kendal/Hunt Publishing Company.
- Milner, A. M., Brittain, J.E., Castella, E. & Petts, G.E. (2001). Trends of macroinvertebrate community structure in glacier-fed rivers in relation to environmental conditions: a synthesis. *Freshwater Biology* 46, 1833–1847.
- Monnier, O., Ector, L., Rimet F., Ferréol, M. & Hoffmann, L. (2012). *Adlafia langebertalotii* sp nov (Bacillariophyceae), a new diatom from the Grand-Duchy of Luxembourg morphologically similar to *A. suchlandtii* comb. nov. *Nova Hedwigia*, 141, 131–140.
- Niedrist, G. H. & Fureder, L. (2016). Towards a definition of environmental niches in alpine streams by employing chironomid species preferences. *Hydrobiologia* 781, 143 –160.
- Peterson, B. V. (1977). The black flies of Iceland (Diptera: Simuliidae). *The Canadian Entomologist* 109, 449 –472.
- Quinn, G.P. & Keough, M. J. (2002). Multiple and complex regression Í: *Experimental Design and data analysis for biologists*. New York: Cambridge University Press.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Friðbjófur Árnason, Eydís Njarðardóttir & Kristinn Ólafur Kristinsson (2013). *Botndýrarrannsóknir í Straumfjarðará 2012. Samanburður við árin 2004 og 2007*. Unnið fyrir Múlavirkjun ehf. Veiðimálastofnun, VMST/13041, 24 bls.
- Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Benóný Jónsson & Magnús Jóhannsson (2012). *Vatnalífrannsóknir vegna Búlandsvirkjunar 2012*. Unnið fyrir Suðurorku. Veiðimálastofnun, VMST/12039, SO-2012-05, 56 bls.
- R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Robinson, C.T., Uehlinger, U.R.S., & Monaghan, M.T. (2004). Stream ecosystem response to multiple experimental floods from a reservoir. *River Research and Applications*, 20(4), 359–377.

- Samsýn (2019). Grunnkort Samsýnar (2019). Byggt á gögnum Samsýnar, LMÍ og Þjóðskrár, sótt í febrúar 2019.
- Sigurður Már Einarsson, Jón S. Ólafsson & Jóhannes Guðbrandsson (2019). *Rannsóknir á lífríki Pennu á Barðaströnd*. Hafrannsóknastofnun, HV 2019-12, 12 bls.
- Sigurjón Rist. (1990). *Vatns er þörf*. Reykjavík: Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Spaulding, S.A., Lubinski, D.J. & Potapova, M. (2010). *Diatoms of the United States*. <http://westerndiatoms.colorado.edu>. Skoðað jafnóðum og greint var.
- Staðlaráð Íslands (2009). *Water quality – Guidance standard for the surveying, sampling and laboratory analysis of phytobenthos in shallow running water*. ÍST EN 15708:2009.
- Stefán Már Stefánsson (2005). *Mýsamfélög og lífsferlar rykmýs í dragám á Íslandi*. 45 eininga MS ritgerð. Háskóli Íslands, Reykjavík.
- Stefán Ó. Steingrímsson & Gísli Már Gíslason (2002). Body size, diet and growth of landlocked brown trout, *Salmo trutta*, in the subarctic River Laxá, North–East Iceland. *Environmental Biology of Fishes* 63(4), 417–426.
- Steinman, A., Lamberti, G.A. & Leavitt, P.R. (2007). 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.
- Stevenson, R.J. & Bahls, L.L. (1999). Chapter 6, Periphyton protocols. Í: Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. og Stribling, J.B. (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish* (2. útgáfa). EPA 841-B-99-002. Washington: U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water.
- Taylor F. (1981). Ecology and evolution of physiological time in insects. *The American Naturalist* 117 (1), 1–23.
- Ter Braak C.J.F. & Šmilauer P. (2012): *Canoco reference manual and user's guide*: software for ordination, version 5.0. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 496 pp.
- Tokhesi, M. (1995). Life cycles and population dynamics. Í P.D. Armitage, P. S. Cranston, & L.C.V. Pinder (ritstj.), *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges* (bls. 225–235). London: Chapman & Hall.
- Webb, B. W., Hannah, D. M., Moore, R. D., Brown, L. E. & Nobilis, F. (2008). Recent advances in stream and river temperature research. *Hydrological Processes* 22, 902–918.
- Weissenberger, J., Spatz, H.C., Emanns, A. & Schwoerbel, J. (1991). Measurement of lift and drag forces in the m N range experienced by benthic arthropods at flow velocities below 1.2 m s⁻¹. *Freshwater Biology* 25, 21–31
- Wetzel, R.G (2001). *Limnology. Lake and river ecosystems*, 3. útgáfa. San Diego. CA: Academic press.
- Wiederholm, T., (ritstj.) (1983). The larvae of Chironomidae of the Holarctic region – Keys and diagnoses. Part 1. Larvae. *Entomol. Scand. Suppl.* 19, 1–457.
- Wintermans, J.F.G.M. & DeMots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica et Biophysica*

Viðaukatafla I – Tegundir og tegundahópar kísilþörungar.

Tegundir og tegundahópar kísilþörungar sem voru greindir í sýnum úr Jökulsá á Dal (JD2–JD6), Hnefilsdalsá (HN2) og Laxá (LJ1). Fremst eru tákn fyrir stærðaflokka tegunda og tegundahópa, sem eru útskýrð efst til vinstri. Tákn tegunda og tegundahópa eru tilgreind (4 bókstafir). Sýnd eru meðaltöl úr þremur sýnum fyrir þéttleika (fjöldi á cm²) og hlutföll (%) hvernar tegundar eða tegundarhóps, og vægi þeirra er skýrt með litamerkingum. Skipting hlutfalla í litakóða eftir algengi er sýnd efst til hægri. Meðaltöl voru reiknuð út frá þéttleika tegunda í þremur sýnum annars vegar og hins vegar hlutföllum tegunda í sömu sýnum.

Stærðarflokkar

S: Stór - stundum lengri en 40 µm

M: Miðlungs - 15-40 µm að lengd

L: Lítil - um 15 µm eða styttri

Skipting í litahópa eftir algengi

0,1–1,0% Fátið 5,0–24,9% Nokkuð algeng

1,0–4,9% Fremur fátið 25,0–49,9% Mjög algeng

50,0–99,9% Allsráðandi

Stærð fruma	Tegund eða tegundahópur	Tákn tegundar	Jökla JD2				Jökla JD5				Jökla JD3				Jökla JD6				Jökla JD4				Laxá Jökulsárshlíð LJ1				Hnefildalsá HN2			
			30.7.2014		29.10.2014		30.7.2014		29.10.2014		31.7.2014		28.10.2014		29.7.2014		28.10.2014		29.7.2014		27.10.2014		29.7.2014		27.10.2014		29.7.2014		27.10.2014	
			%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²
M	<i>Achnanthes lanceolata</i> ssp. <i>robusta</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	ALRO									0,2	332																	0,0	504
M	<i>Achnanthidium bioretii</i> (Germain) Edlund	ABRT												0,2	205	0,1	52													
L	<i>Achnanthidium cf. daonense</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot, Monnie	ADDA	0,7	1.202	1,5	210	0,9	2.454	0,7	1.298	0,4	174	0,4	1.252	1,0	1.223	1,4	502	3,1	2.259	0,8	1.320						0,2	2.017	
M	<i>Achnanthidium cf. helveticum</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot & Ecl	ADHE					0,1	626			0,1	35	0,2	117	0,2	142	0,2	182												
L	<i>Achnanthidium cf. lauenburgianum</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot	ADLB	0,2	339												0,3	179							0,2	3.056					
L	<i>Achnanthidium cf. subatomoides</i> (Hustedt) Monnier, Lange-Bertalot &	ADSO							0,3	721	0,1	38		0,1	58		0,5	165	2,0	1.676										
L	<i>Achnanthidium minutissimum</i> Czarniecki (hópur tegunda)	ADMI	0,2	244	11,6	909	0,8	2.329	9,9	7.154	1,7	536	3,7	956	2,6	4.911	4,7	3.542	4,4	2.567	2,1	1.015	12,7	125.798	4,7	15.358	31,9	63.553	49,4	342.222
M	<i>Eucocconeis flexella</i> Brun	EUFL																			0,1	37								
M	<i>Eucocconeis laevis</i> Lange-Bertalot	EULA											0,2	117						0,3	6.113	0,1	694	1,6	2.554	0,3	3.511			
M	<i>Karayevia laterostrata</i> (Hustedt) Bukhtiyarova	KALA														0,2	90			0,2	356									
M	<i>Planothidium frequentissimum</i> Lange-Bertalot	PLFR	1,0	1.566	1,2	107			0,3	721	0,3	113	0,6	1.280	1,1	936	0,6	604			0,2	3.056								
M	<i>Planothidium lanceolatum</i> Lange-Bertalot	PTLA					0,5	2.403	0,2	36																				
M	<i>Planothidium calcar</i> Round & Bukhtiyarova	PTCA																	0,2	55										
L	<i>Planothidium peragallii</i> Round & Bukhtiyarova	PTPE										0,2	8																	
L	<i>Psammothidium cf. grischunum</i> Bukhtiyarova & Round	PGRI											0,2	117																
L	<i>Psammothidium cf. levanderi</i> Bukhtiyarova & Round	PLVD											0,2	205						1,0	2.312									
L	<i>Psammothidium cf. marginulatum</i> Bukhtiyarova & Round	PMRG	0,1	158			0,4	1.777	0,2	36										0,2	3.056	0,3	146				0,1	1.008		
L	<i>Psammothidium didymum</i> Bukhtiyarova & Round	PDID											0,2	117						0,2	3.056	0,1	37							
L	<i>Psammothidium cf. ventralis</i> Bukhtiyarova & Round	PVEN										0,1	58															0,1	1.008	
L	<i>Rosolithidium cf. pusillum</i> Round & Bukhtiyarova	RPUS			0,2	21	0,2	526					0,6	1.280	1,6	1.213				1,1	11.007	1,6	6.534	0,6	1.864	0,7	3.298			
L	<i>Achnanthes</i> ógreint 1 (ýmsar sporöskjulaga tegundir)	ACH1	0,1	158							0,2	70	0,1	4	0,2	397	0,5	704		0,2	99			0,8	13.773			0,3	3.268	
M	<i>Achnanthes</i> ógreint 2 (ýmsar tegundir önnur lögun)	ACH2					0,1	626	0,6	219				0,1	383															
L	<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	APED	0,3	497	0,2	13	0,2	526	1,0	1.752			0,2	117	0,5	335		0,2	193	0,8	1.779									
M	<i>Amphora cf. inariensis</i> s Krammer	AINA		0,4	66			0,1	18				0,2	117						0,2	534									
M	<i>Amphora cf. ovalis</i> (Kützing) Kützing	AOVA		0,2	13																									
M	<i>Amphora</i> tegund 1	AMP1													0,1	37			0,4	456										
M	<i>Amphora</i> tegund 2	AMP2	0,2	339	0,1	13																								

Viðaukatala I, framhald 1

Stærðarflokkar

S: Stór - stundum lengri en 40 µm

M: Miðlungs - 15-40 µm að lengd

L : Lítil - um 15 µm eða styttri

Skipting í litahópa eftir algengi
 5,0–24,9% Nokkuð algeng
 0,1–1,0% Fátið 25,0–49,9% Mjög algeng
 1,0–4,9% Fremur fátið 50,0–99,9% Allsráðandi

Stærð fruma	Tegund eða tegundahópur	Tákn tegundar	Jökla JD2		Jökla JD5		Jökla JD3		Jökla JD6		Jökla JD4		Laxá Jökulsárshlíð LJ1		Hnefildalsá HN2														
			30.7.2014	29.10.2014	30.7.2014	29.10.2014	31.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014													
			%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²													
M	<i>Aulacoseira alpigena</i> (Grunow) Krammer	AUAL				0,9	2.152	0,1	180		0,1	166	1,2	2.087	0,2	260	0,3	174	0,1	17	0,4	4.622	0,8	1.346		0,1	1.513		
M	<i>Aulacoseira subarctica</i> (O. Müller) Haworth	AUSU											0,2	575															
M	<i>Aulacoseira</i> tegund 1	AUL1																				0,4	94						
M	<i>Aulacoseira</i> tegund 2	AUL2				0,1	263													0,2	35								
M	<i>Aulacoseira</i> tegund 3	AUL3											0,1	192								0,3	6.113						
M	<i>Asterionella formosa</i> Hassall	AFOR				0,3	651																						
M	<i>Brachysira</i> tegund 1	BRCS																								0,1	1.008		
M	<i>Brachysira</i> tegund 2	BRCS													0,2	182													
M	<i>Caloneis</i> ógreint (nokkrar tegundir)	CALS			0,2	8							0,2	766			0,2	182							0,2	466			
M	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg (mismunandi afbrigði)	CPLA	2,1	3.702	2,0	278	0,8	2.090	1,5	2.613		0,6	1.004	0,3	367	0,4	378	0,2	182			0,2	3.056	0,1	37	1,0	1.402	0,7	5.076
L	<i>Cyclostephanos</i> cf. <i>dubius</i> (Fricke) Round	CDUB																0,2	85							0,1	1.251		
M	<i>Cyclotella</i> cf. <i>antiqua</i> W. Smith	CATQ																0,2	35										
L	<i>Discostella</i> cf. <i>pseudostelligera</i> (Hustedt) Houk & Klee	DPST				0,1	626											0,2	55										
M	<i>Cymbella</i> cf. <i>cymbiformis</i> Agardh	CCYM																0,2	55										
M	<i>Cymbella</i> cf. <i>excisa</i> Kützing	CAEX	0,3	678	0,6	86	0,9	3.054		0,2	70	0,5	1.354	0,6	300			0,2	129			0,2	3.056			0,4	4.034		
S	<i>Cymbella</i> cf. <i>lanceolata</i> (Agardh) Agardh	CLAN			0,2	8																							
M	<i>Cymbella</i> tegund 1	CYM1	0,2	339																									
M	<i>Cymbella</i> tegund 2	CYM2																				0,2	3.056						
L	<i>Encyonema</i> cf. <i>gaeumannii</i> (Meister) Krammer	EGAE																0,2	55										
M	<i>Encyonema</i> cf. <i>minutum</i> (Hilse) Mann	ENMI	0,3	497	0,7	41	0,2	125	0,2	36	0,1	38	0,2	8	0,2	205	0,2	104	0,3	237	0,2	35	0,3	75	0,5	904	0,1	159	
L	<i>Encyonema</i> cf. <i>perpusillum</i> (A. Cleve) Mann	ENPE											0,2	117															
L	<i>Encyonema</i> cf. <i>reichardtii</i> (Krammer) Mann	ENRE	0,6	1.355	0,9	139	2,1	7.364	16,5	17.771	0,2	43	1,7	2.417	0,9	967	1,1	907		0,5	387	14,0	34.262	7,5	18.716	0,6	439	0,1	1.008
M	<i>Encyonema</i> cf. <i>silesiacum</i> var. <i>silesiacum</i> (Bleisch) Mann	ESLE			0,2	26	0,5	2.403	0,2	36		0,3	340		0,3	444			0,2	129	0,2	3.056	0,4	1.452					
M	<i>Encyonema</i> cf. <i>ventricosum</i> var. <i>ventricosum</i> (Agardh) Grunow	ENVE	0,4	561	0,3	21								0,2	205						0,9	9.282	0,1	73	0,2	466	0,1	1.008	
M	<i>Encyonema</i> tegund 1	ENSP																0,2	182						0,1	694			
L	<i>Encyonopsis</i> ógreint (2 tegundir)	EPIS										0,7	1.382	0,2	104	0,2	182				2,3	600	2,4	11.678	0,2	466			
M	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	RSIN	3,1	5.203	2,0	277	0,4	1.777	2,2	2.850	0,5	182	3,3	5.665	0,3	234	0,8	845	1,3	824	4,7	2.576	1,7	3.276		0,1	94	0,6	955
M	<i>Denticula tenuis</i> Kützing	DTEN																				0,2	3.056						
M	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	DMES			1,0	98			0,2	112					0,2	182			0,2	3.056	0,2	1.389							
M	<i>Diatoma moniliformis</i> Kützing	DMON			0,2	8	4,8	12.113			1,8	620	0,3	78	1,3	3.209	0,8	521	1,1	771	0,7	206	0,2	356	2,8	3.326			
M	<i>Diatoma tenuis</i> Agardh	DITE						0,2	112				0,2	8															

Viðaukatafla I, framhald 2.

Stærðarflokkar

S: Stór - stundum lengri en 40 µm

M: Miðlungs - 15-40 µm að lengd

L : Lítil - um 15 µm eða styttri

Skipting í litahópa eftir algengi
 5,0–24,9% Nokkuð algeng
 0,1–1,0% Fátið 25,0–49,9% Mjög algeng
 1,0–4,9% Fremur fátið 50,0–99,9% Allsráðandi

Stærð fruma	Tegund eða tegundahópur	Tákn tegundar	Jökla JD2				Jökla JD5				Jökla JD3				Jökla JD6				Jökla JD4				Laxá Jökulsárshlíð LJ1				Hnefildalsá HN2			
			30.7.2014	29.10.2014			30.7.2014	29.10.2014			31.7.2014	28.10.2014			29.7.2014	28.10.2014			29.7.2014	27.10.2014			29.7.2014	27.10.2014			29.7.2014	27.10.2014		
			%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²
M	<i>Diatomella balfouriana</i> Greville	DELLA									0,2	70	0,1	166	0,2	117							0,2	3.056						
S	<i>Didymosphenia geminata</i> (Lyngbye) Schmidt	DGEM					0,3	651			0,2	70												0,1	694	0,2	466	0,1	1.008	
S	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	EADN	0,3	678			0,2	526	0,3	472					0,2	205	0,3	444		0,2	35				0,7	967				
S	<i>Epithemia turgida</i> var. <i>turgida</i> (Ehrenberg) Kützing	ETUR	1,1	1.640	0,3	34	1,1	3.784	3,2	5.663	0,3	108	0,2	332	1,0	966	0,6	388					0,1	37	1,0	2.713				
S	<i>Eunotia</i> cf. <i>bilunaris</i> var. <i>mucophila</i> Lange-Bertalot & Nörpel	EBMU													0,3	410			0,2	56										
M	<i>Eunotia</i> cf. <i>implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot & Alles	EIMP										0,2	8		0,1	383														
M	<i>Eunotia</i> tegund 1	EUN1													0,1	103														
M	<i>Eunotia</i> tegund 2	EUN2													0,3	410				0,2	35									
S	<i>Fragilaria arcus</i> var. <i>arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	FARC	1,2	2.164	0,9	81	0,8	2.992	0,2	36	1,1	364			0,9	1.735	0,2	260	4,4	1.997	0,2	129	0,1	37	1,8	3.427	2,1	2.217	1,3	12.056
M	<i>Fragilaria</i> cf. <i>bicapitata</i> A. Mayer	FBIC			0,2	8									0,2	205									0,1	73				
M	<i>Fragilaria</i> cf. <i>bidens</i> Heiberg	FBID										0,2	70			0,2	75				0,3	120			0,2	758				
M	<i>Fragilaria</i> cf. <i>capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	FCVA	2,5	4.219	20,6	1.994	8,8	27.258	2,5	2.062	6,7	2.348	4,3	2.561	7,0	11.088	2,3	1.829	5,5	3.730	2,8	1.290	8,9	60.863	15,5	34.797	4,1	8.848	11,9	112.330
M	<i>Fragilaria</i> cf. <i>gracilis</i> Østrup	FGRA	1,0	1.649	11,7	1.085	7,1	25.917	2,4	689	10,4	3.765	1,7	747	6,1	12.723	1,8	1.332	4,6	3.170	1,0	696	2,0	13.040	14,2	34.773	3,6	8.472	4,2	43.683
M	<i>Fragilaria</i> cf. <i>nanana</i> Lange-Bertalot	FNAN					0,1	626			0,8	295			0,8	1.027			0,7	378					0,1	233				
M	<i>Fragilaria</i> cf. <i>tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	FTEN													0,2	205														
M	<i>Fragilaria</i> tegund 1 (gæti verið 2 tegundir)	FRA1	0,9	1.396			6,4	22.054	2,0	1.094	1,8	680	0,9	229	4,1	7.275	0,4	217	2,5	1.844	0,8	412	2,6	36.865	9,6	29.876	4,0	7.499	16,2	169.485
L	<i>Staurosira</i> cf. <i>brevistriata</i> (Grunow) Grunow	SBRV					0,1	626							0,3	322		0,2	75	0,2	56		0,6	9.525			0,4	1.165	0,3	4.379
L	<i>Staurosira</i> cf. <i>construens</i> var. <i>construens</i> Ehrenberg	SCON		0,2	8		0,9	4.379			1,3	426	1,2	121		1,4	1.852				0,8	645		0,1	37			0,1	1.251	
L	<i>Staurosira oldenburgiana</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	SODB		1,0	118		1,0	1.250	0,5	1.082					0,1	383						0,6	3.169							
L	<i>Staurosira pinnata</i> var. <i>pinnata</i> Ehrenberg (hópur tegunda)	SRPI	0,7	1.152	5,0	447	7,7	30.559	2,7	913	0,6	247	4,0	2.492	10,7	16.631	3,9	3.108	3,4	3.634	2,2	1.333	2,5	37.464	2,2	6.478	2,1	3.983	4,6	47.857
L	<i>Staurosira</i> cf. <i>pseudoconstruens</i> (Marciniak) Lange-Bertalot	SPCO		0,2	13		0,2	1.251	0,2	361					1,5	3.872	0,2	104		0,6	516		1,5	21.508	0,4	821		0,1	1.008	
L	<i>Staurosira</i> cf. <i>venter</i> (Ehrenberg) Cleve & Moeller	SSVE	0,3	678	2,5	141	4,0	12.474	0,2	541	2,4	960	1,1	55	5,2	5.580	1,6	1.485	3,5	2.494	1,8	380	4,6	59.976	2,5	5.373	0,7	1.044	1,1	12.345
S	<i>Ulnaria</i> cf. <i>danica</i> (Kützing) Compère & Bukhtiyarova	UDAN									0,1	38			0,2	205							0,1	37		0,2	1.389			
S	<i>Ulnaria ulna</i> cf. var. <i>ulna</i> (Nitzsch) P. Compère	UULN	4,4	7.348	1,8	137	1,0	3.581	0,5	432	5,9	1.856			1,2	2.278	0,5	225	6,4	4.343	0,4	163	0,2	356	6,0	9.999	10,8	8.531	2,6	30.907
M	<i>Fragilaria</i> ógreint (margar tegundir)	FRAS	0,4	836	0,7	60		0,5	833		0,5	153			0,2	117	0,3	179	0,5	547	0,8	520					0,1	1.251		
S	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst	FSAX																					0,1	19						
S	<i>Frustulia vulgaris</i> s (Thwaites) De Toni	FVUL		0,2	13																									

Viðaukatalfa I, framhald 3.

Stærðarflokkar

S: Stór - stundum lengri en 40 µm

M: Miðlungs - 15-40 µm að lengd

L : Lítil - um 15 µm eða styttri

Skipting í litahópa eftir algengi
 5,0–24,9% Nokkuð algeng
 25,0–49,9% Mjög algeng
 50,0–99,9% Allsráðandi
 0,1–1,0% Fátíð
 1,0–4,9% Fremur fátíð

Stærð fruma	Tegund eða tegundahópur	Tákn tegundar	Jökla JD2		Jökla JD5		Jökla JD3		Jökla JD6		Jökla JD4		Laxá Jökulsárshlíð LJ1		Hnefildalsá HN2	
			30.7.2014	29.10.2014	30.7.2014	29.10.2014	31.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014
			%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²
L	<i>Gomphonema cf. olivaceoides</i> Hustedt	GOLD		0,3 34		0,2 54		0,2 43	1,5 3.320	0,6 1.000	0,7 499	0,2 56	0,3 69		0,4 654	0,2 1.410
M	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Kützing	GOLI		0,5 66		0,2 526			0,2 766	0,5 431	0,2 182				0,1 94	
L	<i>Gomphonema cf. pumilum</i> (og líkar tegundir)	GPUMsl	20,8 29.831	3,8 543	7,0 20.924	14,3 16.172	26,8 8.512	42,8 46.276	6,8 11.110	26,7 25.099	27,9 13.451	48,9 25.418	12,8 45.734	14,5 12.437	32,2 27.870	0,7 8.030
M	<i>Gomphonema cf. rhombicum</i> Fricke	GRHO	19,0 27.961	3,1 295	14,3 19.882	2,7 3.034	15,9 4.896	18,9 8.837	3,5 5.905	2,5 2.080	5,5 2.830	3,6 2.062				
M	<i>Gomphonema cf. subclavatum</i> Grunow	GSCL									0,2 182					
M	<i>Gomphonema</i> ógreint (nokkrar tegundir)	GOMS	0,3 678									0,2 35		0,5 9.169		
M	<i>Melosira varians</i> Agardh	MVAR	0,8 1.092	0,4 28	0,1 626			0,1 166				0,3 116				
M	<i>Meridion circulare</i> var. <i>circulare</i> (Greville) C.A. Agardh	MCIR		0,8 34	0,2 1.251	0,2 112	0,6 216	0,6 1.004	1,5 2.586	0,2 104	2,0 1.993	0,2 35	5,3 66.678	2,1 6.121	0,4 638	0,1 159
M	<i>Navicula cf. antonii</i> Lange-Bertalot	NANT								0,3 444						
M	<i>Navicula cf. cryptocephala</i> Kützing	NCRY		0,2 26	0,1 626	0,3 396		0,2 8	0,2 175	0,7 528	0,2 182	0,5 104				
M	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	NGRE	0,2 508	0,3 21	0,3 1.564			0,1 4	0,6 1.176	3,0 2.630		0,3 163				
M	<i>Navicula cf. lundii</i> Reichardt	NLUN	1,0 1.692	0,8 81	0,6 2.105	0,6 468	0,3 81	0,6 313	1,2 1.822	3,5 3.054	0,7 378	0,7 301	0,3 6.113	0,3 768		0,1 1.755
S	<i>Navicula radiosa</i> Kützing	NRAD		1,1 120	0,4 1.678				0,6 910	0,5 401				0,4 831		
L	<i>Navicula cf. schmassmannii</i> Hustedt	NSMM						0,2 8		0,2 104			0,2 356			
M	<i>Navicula cf. tenelloides</i> Hustedt	NTEN	0,3 489	0,3 39					0,5 1.532							
M	<i>Navicula tripunctata</i> (O. Müller) Bory	NTPT			0,3 1.152	0,2 112			0,1 383	0,2 104						
L	<i>Adlafia cf. bryophila</i> Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin	ABRY											0,2 3.056			
L	<i>Adlafia cf. langebertalotii</i> Monnier & Ector	ADLA	1,4 2.676	0,3 53	1,5 4.857	7,5 6.006	1,1 328	1,2 2.131	2,0 2.406	0,9 626	0,3 113	1,9 959	7,8 17.940	1,1 578	0,2 466	
L	<i>Adlafia cf. minuscula</i> Lange-Bertalot	ADMS	0,3 497		0,5 2.002	0,3 224	0,3 113	0,3 78	0,3 692	0,2 75	0,9 585	0,5 249		0,3 768		0,2 1.168
M	<i>Adlafia cf. suchlandtii</i> Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin	ADLS				0,2 112		0,2 70		0,2 75		0,2 35	0,6 1.105			
M	<i>Cavinula cocconeiformis</i> Mann & Stickle	CCOC							0,1 383							
M	<i>Cavinula pseudoscutiformis</i> Mann & Stickle	CPSE							0,2 766							
L	<i>Diadmesmis contenta</i> var. <i>contenta</i> Mann	DCOT		0,2 26	0,2 1.251			0,2 8		0,2 75	0,2 182		0,3 711	0,3 146		
L	<i>Diadmesmis perpusilla</i> (Grunow) D.G. Mann	DPER			0,2 526									0,1 63		
M	<i>Diploneis</i> ógreint (nokkrar tegundir)	DIPS		0,5 66	0,1 626											
L	<i>Eolimna cf. minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	EOMI	0,2 244	0,3 39	0,5 1.579	0,9 598			0,4 558	0,3 444	0,5 420		0,5 9.169	0,1 63		0,1 1.251
L	<i>Fistulifera saprophila</i> Lange-Bertalot	FSAP								0,3 208						
L	<i>Geissleria cf. acceptata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	GACC	1,3 1.690	0,8 92	1,1 3.403	3,7 4.697	0,6 216	1,6 2.409	1,1 2.266	3,3 3.338	1,0 334	1,9 1.100	0,8 1.779		0,3 591	
M	<i>Hippodonta capitata</i> Lange-Bert. Metzeltin & Witkowski	HCAP							0,3 322							
M	<i>Luticola</i> tegund 1	LUSP							0,1 383							
L	<i>Mayamaea cf. atomus</i> var. <i>permissis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	MAPE	0,4 481		0,8 2.329	0,7 628	1,7 686	0,3 664	0,7 1.751	0,4 335	0,2 56	3,6 2.019				
M	<i>Sellaphora cf. bacillum</i> Mann	SEBA								0,2 75						
M	<i>Sellaphora cf. laevissima</i> Mann	SELA							0,2 117							

Viðaukatafla I, framhald 4.

Stærðarflokkar

S: Stór - stundum lengri en 40 µm

M: Miðlungs - 15-40 µm að lengd

L : Lítil - um 15 µm eða styttri

Skipting í litahópa eftir algengi
 5,0–24,9% Nokkuð algeng
 0,1–1,0% Fátíð 25,0–49,9% Mjög algeng
 1,0–4,9% Fremur fátíð 50,0–99,9% Allsráðandi

Stærð fruma	Tegund eða tegundahópur	Tákn tegundar	Jökla JD2		Jökla JD5		Jökla JD3		Jökla JD6		Jökla JD4		Laxá Jökulsárshlíð LJ1		Hnefildalsá HN2	
			30.7.2014	29.10.2014	30.7.2014	29.10.2014	31.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014
			%	Fjöldi á cm ²	%	Fjöldi á cm ²	%	Fjöldi á cm ²	%	Fjöldi á cm ²	%	Fjöldi á cm ²	%	Fjöldi á cm ²	%	Fjöldi á cm ²
M	<i>Navicula</i> tegund 1	NAP1														
M	<i>Navicula</i> tegund 2	NAP2				0,2	112									
M	<i>Navicula</i> tegund 3	NAP3								0,1	383					
M	<i>Navicula</i> tegund 4	NAP4														
M	<i>Navicula</i> tegund 5	NAP5														
M	<i>Navicula</i> tegund 6	NAP6														
M	<i>Navicula</i> tegund 7	NAP7														
M	<i>Navicula</i> tegund 8	NAP8														
M	<i>Navicula</i> tegund 9	NAP9														
M	<i>Navicula</i> tegund 10	NA10														
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>acicularis</i> (Kützting) W. Smith	NAC1														
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>archibaldii</i> Lange-Bertalot	NIAR	0,9	1.667	0,3	34	2,2	6.373								
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>capitellata</i> Hustedt	NCPL				0,2	13									
M	<i>Nitzschia</i> <i>dissipata</i> (Kützting) Grunow	NDIS	0,4	561	0,8	77	0,8	2.491	0,7	1.211	0,3	113	0,3	139	2,5	4.114
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>fonticola</i> var. <i>fonticola</i> Grunow	NFON	0,4	836			0,3	1.053	0,8	905	0,6	247	0,6	279	0,2	117
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>fossilis</i> (Grunow) Grunow	NZSf	0,8	1.230	0,5	79	0,2	1.251								
L	<i>Nitzschia</i> cf. <i>frustulum</i> var. <i>frustulum</i> (Kützting) Grunow (og líkar tegundir)	NIFR					0,2	526	0,8	1.057						
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>homburgensis</i> Lange-Bertalot	NHOM														
L	<i>Nitzschia</i> cf. <i>inconspicua</i> Grunow (og líkar tegundir)	NINC	9,8	16.897	4,5	549	2,1	5.357	13,7	16.420	0,5	156	3,0	2.589	3,4	5.495
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>lacuum</i> Lange-Bertalot	NILA					0,2	526	0,2	54	0,4	147				
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützting) Grunow	NPAD	0,2	244			0,2	526								
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>paleacea</i> Grunow (og líkar tegundir)	NPAE	13,5	24.930	3,6	367	5,9	21.268	0,2	378	9,9	3.762	0,3	139	7,1	13.538
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo (og líkar tegundir)	NIPM	4,0	6.412	4,0	367	2,3	8.324	1,1	1.128	0,8	278	1,1	689	3,4	6.246
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>recta</i> Hantzsch	NREC														
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>semitubus</i> Lange-Bertalot	NSRB														
M	<i>Nitzschia</i> cf. <i>sublinearis</i> Hustedt	NSBL														
M	<i>Nitzschia</i> <i>valdestriata</i> Aleem & Hustedt	NIVA														
M	<i>Tryblionella</i> <i>angustata</i> W. Smith	TANG														
M	<i>Nitzschia</i> ógreint (nokkrar tegundir)	NITZ														

Viðaukatafla I, framhald 5.

Stærðarflokkar

S: Stór - stundum lengri en 40 µm

M: Miðlungs - 15-40 µm að lengd

L : Lítil - um 15 µm eða styttri

Skipting í litahópa eftir algengi
 5,0–24,9% Nokkuð algeng
 0,1–1,0% Fátíð 25,0–49,9% Mjög algeng
 1,0–4,9% Fremur fátíð 50,0–99,9% Allsráðandi

Stærð fruma	Tegund eða tegundahópur	Tákn tegundar	Jökla JD2		Jökla JD5		Jökla JD3		Jökla JD6		Jökla JD4		Laxá Jökulsárshlíð LJ1		Hnefildalsá HN2															
			30.7.2014	29.10.2014	30.7.2014	29.10.2014	31.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	28.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014	29.7.2014	27.10.2014														
			%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²	%	Fjöldi á cm²												
M	<i>Pinnularia</i> ógreint (nokkrar tegundir)	PINS		0,3	15	0,2	1.251	0,2	361	0,2	70	0,3	322	0,5	401	0,3	3.094	0,2	466	0,1	1.513									
L	<i>Hygropetra balfouriana</i> (Grunow & Cleve) Krammer & Lange-Bertalot	HYBA								0,2	70	0,2	205			0,2	182		0,2	466	0,3	3.025								
M	<i>Rhoicosphenia</i> cf. <i>abbreviata</i> (C.A. Agardh) Lange-Bertalot	RABB		0,2	8	0,1	62		0,1	38																				
S	<i>Rhopalodia</i> cf. <i>gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	RGIB				0,1	313					0,2	205																	
M	<i>Stauroneis</i> tegund 1	STA1										0,2	117																	
M	<i>Stauroneis</i> tegund 2	STA2												0,2	104															
M	<i>Surirella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot	SBKU		0,6	73	0,3	1.152					0,2	205	0,2	75															
M	<i>Surirella</i> tegund 1	SURS												0,2	222															
M	<i>Tabellaria</i> cf. <i>ventricosa</i> Kützing	TVEN							0,2	43		0,2	219				0,2	56	0,1	32	0,2	466	0,1	1.130						
	Ógreint (ýmislegt)	OGRE	1,5	2.837	1,7	1.126	1,9	4.627	0,8	1.305	0,8	321	1,2	1.193	2,6	3.356	1,8	1.317	1,6	1.061	1,0	207	1,7	7.405	0,1	694	0,8	1.277	1,2	15.052

Viðaukatafla II – Tegundaheiti botnhryggleysingja og skammstöfun

Heiti	Skammstöfun
Nematoda	Nema
Acarina	Acar
Oligochaeta	Oligind
Cladocera	Cladind
Copepoda	Copeind
Ostracoda	Ostrind
<i>Apatania zonella</i>	Apat zon
Chironomidae	Chirind
<i>Macropelopia</i>	Macrind
Diamesinae	Diamind
<i>Diamesa bertrami/latitarsi</i> s-hópur	Diam bert
<i>Diamesa bohemani/zernyi</i> -hópur	Diam bohe
Orthoclaadiinae ógr.	Orthind
<i>Cricotopus (C.) tibialis</i>	Cric tib
<i>Eukiefferiella claripennis</i>	Euki cla
<i>Eukiefferiella minor</i>	Euki min
<i>Eukiefferiella</i> teg.	Euki sp
<i>Orthocladius (O.) frigidus</i>	Orth fri
<i>Orthocladius (O.) teg. A</i>	Ortho tegA
<i>Orthocladius (O.) teg.</i>	Orthorthind
<i>Psectrocladius (P.) limbatellus</i> hópur	Psec lim
<i>Rheocricotopus effusus</i>	Rheo eff
<i>Thienemanniella</i>	Thieind
<i>Paracladophelma nigracula</i>	Para nig
<i>Micropsectra</i>	Micrind
<i>Prosimulium (P.) ursinum</i>	Pros urs
<i>Simulium (P.) vittatum</i>	Simu vit
<i>Capnia vidua</i>	Cap vid
<i>Clinocera stagnalis</i>	Clin sta
Ceratopgonidae	Ceraind

NÁTTÚRUSTOFA AUSTURLANDS

Mýrargötu 10 • 740 Neskaupstaður • Sími 477-1774 • Fax 477-1923 • Netfang: na@na.is
Tjarnarbraut 39B • 700 Egilsstaðir • Sími: 471-2813 og 471-2774 • www.na.is



Landsvirkjun

Háaleitisbraut 68
103 Reykjavík
landsvirkjun.is

landsvirkjun@lv.is
Sími: 515 90 00

