HV 2020-52
ISSN 2298-9137

HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Lífríki tjarna við Straumsvík, á áhrifasvæði fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar

Jón S. Ólafsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Iris Hansen, Eydís Salome Eiríksdóttir, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Óskar Helgason og Eydís Heiða Njarðardóttir

HAFNARFJÖRÐUR - DESEMBER 2020

Lífríki tjarna við Straumsvík, á áhrifasvæði fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar

Jón S. Ólafsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Iris Hansen,
Eydís Salome Eiríksdóttir, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Óskar Helgason
og Eydís Heiða Njarðardóttir

Skýrslan er unnin fyrir Vegagerðina

Skýrsla var uppfærð 5. janúar 2021

Haf- og vatnarannsóknir
Marine and Freshwater Research in Iceland

HAFRANNSÓKNASTOFNUN
Rannsókna- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna

Upplýsingablað

Titill: Lífríki tjarna við Straumsvík, á áhrifasvæði fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar		
Höfundar: Jón S. Ólafsson, Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir, Iris Hansen, Eydís Salome Eiríksdóttir, Ingi Rúnar Jónsson, Sigurður Óskar Helgason og Eydís Heiða Njarðardóttir		
Skýrsla nr. HV 2020-52	**Verkefnisstjóri:** Jón S. Ólafsson	**Verknúmer:** 14146
ISSN 2298-9137	**Fjöldi síðna:** 53	**Útgáfudagur:** 14. desember 2020 Skýrsla var uppfærð 5. janúar 2021
Unnið fyrir: Vegagerðina	**Dreifing:** Opin	**Yfirfarið af:** Guðna Guðbergssyni

Ágrip

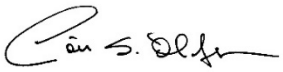
Í þessari skýrslu eru teknar saman niðurstöður rannsókna á lífríki og eðlisefnafræðilegum þáttum í fjórum tjörnum í og við Straumsvík sumarið 2020. Skýrslan er unnin fyrir Vegagerðina, en tjarnirnar eru innan áhrifasvæðis af fyrirhugaðri breikkun Reykjanesbrautar. Tjarnirnar eru einstakar þar sem þær eru flestar ferskvatnstjarnir undir miklum áhrifum af sjávarföllum, sem veldur því að vatnsborð þeirra sveiflast innan sólarhrings samhliða breytingum í sjávarhæð. Rannsóknin beindist að botnþörungum, hryggleysingjum í svifi og á botni tjarnanna, fiskum og eðlisefnafræðilegum þáttum. Umhverfi tjarnanna er viðkvæmt fyrir raski, sem helgast fyrst og fremst af því hve lekur berggrunnurinn á svæðinu er. Brýnt er að gæta ýtrustu varúðar við þær framkvæmdir sem framundan eru við breikkun Reykjanesbrautar bæði til að raska ekki streymi grunnvatns á svæðinu og til að koma í veg fyrir að mengunarefni berist í grunnvatnið og þaðan í tjarnirnar.

Abstract

This report summarizes the results of a study that was done on biological and physicochemical factors in four ponds in and around the Straumsvík area. The ponds are within an area which will be affected by a road construction which is planned in the near future that will add two new lanes to the road of Reykjanesbraut. The ponds in the area are unique as they are mostly freshwater but are strongly influenced by tides which causes their water level to fluctuate parallel with changes in sea level. The study focused on benthic algae, benthic and pelagic invertebrates, fish and physicochemical factors. The results of the

study are reported in the relevant sections and in a summary at the end of the report. The ponds are prone to disturbance, which is primarily due to the porosity of the bedrock in the area. It is important to take the utmost care in the forthcoming road construction, in order not to disturb the groundwater flow and to prevent pollutants from entering the groundwater, which would eventually enter the ponds.

Lykilorð: *Botnlægir þörungar, hryggleysingjar, dvergbleikja, efnasamsetning ferskvatns, tjarnir, ísalt, grunnvatn, lindir. Benthic algae, invertebrates, small benthic char, physicochemical parameters, ponds, brackish water, groundwater, groundwater springs*

Undirskrift verkefnisstjóra:	**Undirskrift forstöðumanns sviðs:**
	

Efnisyfirlit Bls.

1. Inngangur....1
1.1 Forsendur....1
1.2 Staðhættir, helstu kennileiti og staða þekkingar....1
2. Lýsing á rannsóknasvæði....4
3. Aðferðir....10
3.1 Eðlis- og efnaþættir....10
3.2 Blaðgræna og þörungar í fjöru....11
3.3 Svifdýr....13
3.4 Botnlægir hryggleysingjar....13
3.5 Fiskur....14
4. Niðurstöður....16
4.1 Eðlis- og efnaþættir....16
4.2 Blaðgræna og þörungar í fjöru....20
4.3 Svifdýr....25
4.4 Botnlægir hryggleysingjar....25
4.5 Fiskur....30
5. Umræða....33
6. Samantekt....38
7. Lokaorð....39
8. Þakkarorð....41
Heimildir....41
Viðaukar....44

Töfluskrá

Tafla 1. Upplýsingar um sjávarstöðu í Reykjavík þá daga sem sýnatökur og mælingar fóru fram 9

Tafla 2. Upplýsingar um sýnatökur í Gerðistjörn, Brunntjörninni, Straumstjörnum og Brunntjörn. 18

Tafla 3. Niðurstöður mælinga á vatnshita, pH, leiðni, styrk uppleystra efna og heildarstyrk lífræns kolefnis 19

Tafla 4 a-b. Flokkun vatns í tjörnum við Straumsvík miðað við umhverfismörk fyrir málma og næringarefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki samkvæmt reglugerð nr. 796/1999 20

Tafla 5. Uppreiknaður þéttleiki kísilþörunga, fjöldi tegunda og tegundahópa 24

Tafla 6. Meðalfjöldi hryggleysingja á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 27

Tafla 7. Meðalfjöldi hryggleysingja á mjúkbotni í tjörnum við Straumsvík 29

Tafla 8. Upplýsingar um veiði og stærð veiðisvæða.....30

Tafla 9. Fjöldi, lengd og þyngd bleikju sem veiddust í hornsílagildrur. 32

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort yfir rannsóknasvæðið 5

Mynd 2. Yfirlitsmynd yfir Gerðistjörn og Brunntjörnina. Neðri myndirnar sýna þörungabreiður á botni tjarnanna 6

Mynd 3. Innsti hluti Straumstjarna 7

Mynd 4. Yfirlitsmynd yfir Brunntjörn. Neðri myndirnar sýna þörungabreiður á botni tjarnarinnar. 8

Mynd 5. Magn blaðgrænu á fjörusteinum í fjórum tjörnum við Straumsvík 21

Mynd 6. Hlutfallslegt magn blaðgrænu skipt á milli mismunandi hópa frumframleiðenda; blábaktería, grænþörunga og kísilþörunga 22

Mynd 7. Ríkjandi tegundir kísilþörunga í fjöru tjarna við Straumsvík 24

Mynd 8. Fjöldi hryggleysingja í fjöru tjarna við Straumsvík 26

Mynd 9. Hlutfallslegur fjöldi botnlægra hryggleysingja á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 27

Mynd 10. Hlutfallslegur fjöldi rykmýstegunda/hópa á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 28

Mynd 11. Hlutfallslegur fjöldi hryggleysingja á mjúkbotni í tjörnum við Straumsvík.....29

Mynd 12. Lengdardreifing dvergbleikju í fjórum tjörnum við Straumsvík 31

Mynd 13. Hlutfallslegt rúmmál mismunandi fæðuhópa í maga bleikja 32

Viðaukaskrá

Viðauki 1. Yfirlitsmynd af áhrifasvæði framkvæmda vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar. Grænu línurnar tákna nýja vegi og rauðu brotalínurnar afmarka áhrifasvæði framkvæmdanna. Yfirlitsmyndir fengnar úr: Reykjanesbraut (41), Krýsuvíkurvegur-Hvassahraun, mat á umhverfisáhrifum, tillaga að matsáætlun, nóvember 2020, bls. 3-6. 44

Viðauki 2. Hlutfallslegur fjöldi (%) einstakra kísilþörungategunda eða tegundahópa í sýnum úr fjöru tjarna í Straumsvík, 3. og 6. júlí 2020. 47

Viðauki 3. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) ásamt staðalfrávikum fyrir einstakar tegundir eða hópa hryggleysingja í fjöru tjarna við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020. Meðalt.= meðaltal og Stf.= staðalfrávik meðaltala. Byggt er á 6 sýnum í hverju tilfelli. 49

Viðauki 4. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) helstu hópa hryggleysingja í fjöru í tjörnum við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020 ásamt staðalfrávikum, lægstu- og hæstu gildum auk hlutfalls hvers hóps. Byggt er á 6 sýnum í hverju tilfelli. 50

Viðauki 5. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) ásamt staðalfrávikum fyrir einstakar tegundir eða hópa hryggleysingja á mjúkbotni tjarna við Straumsvík 20. ágúst 2020. Meðalt.= meðaltal og Stf.= staðalfrávik meðaltala. N= Fjöldi sýna sem unnið var úr í hverju tilfelli. 51

Viðauki 6.. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) helstu hópa hryggleysingja á mjúkbotni í tjörnum við Straumsvík 20. ágúst 2020 ásamt staðalfrávikum, lægstu- og hæstu gildum auk hlutfalls hvers hóps. Í sviga aftan við tjarnaheiti er sýndur fjöldi sýna sem unnið var úr. 52

Viðauki 7. Yfirlit yfir sýnasöfnun á rannsóknatímabilinu júní til september 2020. x merkir að viðkomandi sýnum var safnað/þáttur mældur. 53

1. Inngangur

1.1 Forsendur

Vegagerðin hyggst breikka 5,6 km hluta af Reykjanesbraut, á milli Krýsuvíkurvegar og Hvassahrauns (sbr. viðauki 1, Mannvit 2020). Vegurinn liggur um nýleg hraun þar sem er að finna bæði ferskar og ísaltar tjarnir, en mikið grunnvatnsstreymi er undan hrauninu. Við austari hluta svæðisins er bygginga- og iðnaðarsvæði, en vestar liggur Reykjanesbraut m.a. um svæði sem skilgreint er sem útivistarsvæði. Hluti þess svæðis sem er innan áhrifasvæðis af fyrirhugaðri breikkun Reykjanesbrautar (sbr. Viðauka 1) er á Náttúruminjaskrá, þ.e.:

> *111. Strandlengjan frá Fögruvík í Vatnsleysuvík að Straumi við Straumsvík, Vatnsleysustrandarhreppi, Hafnarfirði, Gullbringusýslu. (1) Fjaran og strandlengjan á u.þ.b. 500 metra breiðu belti, ásamt ísöltum tjörnum, frá botni Fögruvíkur að Straumi. (2) Sérstætt umhverfi með miklu og óvenju fjölskrúðugu fjörulífi og gróðri. Tjarnir með mismikilli seltu og einstæðum lífsskilyrðum. Útivistarsvæði með mikið rannsóknar- og fræðslugildi í nánd við þéttbýli. Friðaðar söguminjar við Óttarsstaði.*
>
> *112. Straumsvík, Hafnarfirði. (1) Fjörur, strendur svo og tjarnir með fersku og ísöltu vatni við innanverða Straumsvík, frá Urtartjörn [Brunntjörn] vestan Straums suður fyrir Þorbjarnarstaði að athafnasvæði Ísal. (2) Tjarnir með einstæðum lífsskilyrðum, allmikið fuglalíf.*
>
> https://ust.is/nattura/natturuverndarsvaedi/natturuminjaskra/sudvesturland/

Vegagerðin leitaði í maí 2020 til Hafrannsóknastofnunar, rannsókna- og ráðgjafastofnunar hafs og vatna, um að rannsaka lífríki í tjörnum og fjöru innan skilgreinds áhrifasvæðis vegna fyrirhugaðra framkvæmda við breikkun Reykjanesbrautar.

1.2 Staðhættir, helstu kennileiti og staða þekkingar

Innan áhrifasvæðisins sunnan Reykjanesbrautar eru: Gerðistjörn (nær Reykjanesbraut) og Brunntjörnin (stærri og fjær Reykjanesbraut). Þar eru einnig Stakatjörn sem er vestan við Brunntjörnina og Gerðistjörn syðri sem er austan við Brunntjörnina, en báðar eru þær mun minni en Gerðistjörn og Brunntjörnin. Norðan við Reykjanesbraut eru Straumstjarnir og Brunntjörn (Jónatan Garðarsson 1998). Ekki er gert ráð fyrir að framkvæmdirnar skerði Brunntjörn, en hins vegar mun fyrirhugaður aðkomuvegur að Straumi skerða fjörusvæði Straumstjarna, þrátt fyrir að norðurmörk núverandi Reykjanesbrautar breytist ekki (sjá yfirlitsmynd í Viðauka 1). Rannsóknir á lífríki tjarnanna og fjörunnar í Straumsvík voru gerðar á tíunda áratug síðustu aldar og voru

niðurstöður þeirra teknar saman í Náttúrufræðingnum, riti Hins íslenska náttúrufræðifélags, sem kom út 1998 (Agnar Ingólfsson 1998a, 1998b, Jóhannes Sturlaugsson o.fl. 1998). Fiskar voru rannsakaðir á fjórum stöðum í september 1991 og 1995. Í Brunntjörn, tjörn við Gerði (Gerðistjörn) og á tveimur stöðum í Straumstjörnum veiddist smávaxin bleikja (*Salvelinus alpinus*), s.k. dvergbleikja. Bleikja getur aðlagast og nýtt sér mismunandi búsvæði í fersku vatni og sem dæmi finnast fjögur bleikjuafbrigði í Þingvallavatni (Johnson 1980, Skúli Skúlason o.fl. 1992, Sigurður Snorrason o.fl. 1994). Eitt afbrigðið er dvergbleikja, en hún hefur aðlagast lífi á hraun- og lindarbúsvæðum og finnst víða um land (Bjarni K. Kristjánsson o.fl. 2014).

Í rannsóknunum 1991 og 1995 (Jóhannes Sturlaugsson o.fl. 1998) kom í ljós að bleikjan dvaldi niðri í sprungum og glufum hraunbotnsins og var gjarnan mest næst landi þar sem lítið set var á hraungrýtinu. Stærsta bleikjan sem veiddist í þeirri rannsókn var tæplega 14 cm löng og sú elsta sex ára. Hængarnir voru kynþroska eins til tveggja ára, en hrygnurnar allt niður í þriggja ára. Rannsókn á magainnihaldi dvergbleikjanna sýndi að fæðan samanstóð m.a. af rykmýslirfum, rykmýspúpum og vorflugulirfum, auk marflóa, sem bendir til að bleikjan í þessum tjörnum nýti sér bæði ferskvatns- og sjávarvistkerfi. Tilvist marflóa varð enda vart við rafveiðar í Gerðistjörn. Tilvist dvergbleikju í þessum tjörnum töldu rannsakendur (Jóhannes Sturlaugsson o.fl. 1998) vera markverða, en á þeim árum var vistfræði þessa afbrigðis bleikjunnar ekki mjög vel þekkt.

Umhverfi tjarnanna og strandarinnar við Straum er sérstakt m.a. vegna hraunsins og þess mikla grunnvatnsstreymis sem þar er (Freysteinn Sigurðsson 1998). Orsakir þessa mikla útrennslis grunnvatns á Straumsvíkursvæðinu taldi Freysteinn vera: 1) jarðlög á aðrennslissvæði væru lek hraun og því ekkert yfirborðsflæði, þannig hripar úrkomuvatn beint niður í hraunið og rennur fram í Straumi, 2) mikil úrkoma á vatnasviðinu og 3) jarðlög og landslag á vatnasviðinu leiðir vatn er fellur innan vatnasviðsins til Straumsvíkur. Samkvæmt útreikningum miðað við úrkomu og stærðar vatnasviðsins hefur verið áætlað að heildar grunnvatnsrennsli til Straumsvíkur væri 8–14 m^3/s (Freysteinn Sigurðsson 1998). Í grein sinni nefnir Freysteinn að vatnshiti í Straumsvík hafi verið um og innan við 4°C. Í sömu grein bendir hann á að álag og hættur stafi af ýmis konar starfsemi á vatnasviðinu sem geti raskað eiginleikum grunnvatnsins á svæðinu, sem sé „*einstæð auðlind og raunar ómetanleg*“.

Fjörusamfélög innan Straumsvíkur einkennast af klóþangi og hefur fjaran verið flokkuð sem slík (Agnar Ingólfsson 1977, 2006). Kuðungategundirnar klettadoppa (*Littorina saxatilis*) og þangdoppa (*L. obtusata*) eru áberandi meðal hryggleysingja í fjörunni, en auk þeirra er kræklingur (*Mytilus edulis*) einnig mjög áberandi (Agnar Ingólfsson 1998a).

Óhætt er að segja að eitt helsta einkenni tjarna við Straumsvík séu að þar gætir áhrifa sjávarfalla. Tjarnirnar eru flestar alfarið með fersku vatni, grunnvatni sem rennur um hriplekt hraunið, en eru undir áhrifum af flóði og fjöru. Þannig hækkar og lækkar yfirborð þeirra á víxl tvisvar sinnum á sólarhring. Þessar aðstæður, að flóðs og fjöru gæti í búsvæði ferskvatns, eru um margt einstakar og eiga sér fáa líka á jörðinni. Líkt og ferskt grunnvatnið sem rennur um hriplek hraunin, á sjórinn að sama skapi greiðan aðgang inn um þetta gljúpa hraun og stýrir þar með hæð vatnsins í tjörnunum. Þar sem sjórinn er eðlisþyngri þá flýtur ferskvatnið ofan á sjónum og veldur því að vatnið í tjörnunum er að mestu eða öllu leyti ferskvatn. Undantekningin á því er Straumstjarnir sem eru opnar til hafs, en þar liggur ferskvatnslag ofan á sjó sem streymir inn undir tjarnirnar á flóði.

Lífríki tjarnanna hefur mótast af þessum umhverfisaðstæðum og má til að mynda sjá glögg merki beltaskiptingar gróðurs á klöppum í Brunntjörn (Agnar Ingólfsson 1998a). Í Brunntjörn er munur á vatnsstöðu að jafnaði 0,7–1,7 m á milli flóðs og fjöru, en getur orðið ríflega 2 m á mesta stórstreymi (Agnar Ingólfsson 1998b). Nokkur seinkun er á sjávarföllum í tjörnunum miðað við það sem er í sjónum utan strandar, þar getur munað allt að tveimur klukkustundum. Slík töf sjávarfalla er vel þekkt þar sem hindranir eða þrengsli eru til staðar og má sjá í sjávarlónum (Agnar Ingólfsson 1998b).

Gróðurfar í tjörnunum hefur nokkuð verið rannsakað, einkum í Brunntjörn, en til þessa hefur lítið verið vitað um smásæja þörunga og hryggleysingja í þeim. Í Brunntjörn var vitað um tilvist vorflugutegundar af grábyttuætt (Limnephilidae), tegundin lindabytta (*Limnephilus affinis*) (Gísli Már Gíslason 1981). Gerður var samanburður á dýralífi í Brunntjörn og Lóna (vestan við Straumsvík) af líffræðinemum við Háskóla Íslands vorið 1997 (Brynjólfur Eyjólfsson o.fl. 1997). Í þeirri samantekt fundust m.a. marflær af tegundinni *Gammarus duebeni*, vorflugurnar *L. affinis* og *Apatania zonella* auk rykmýslirfa í miklum mæli sem ekki voru greindar frekar.

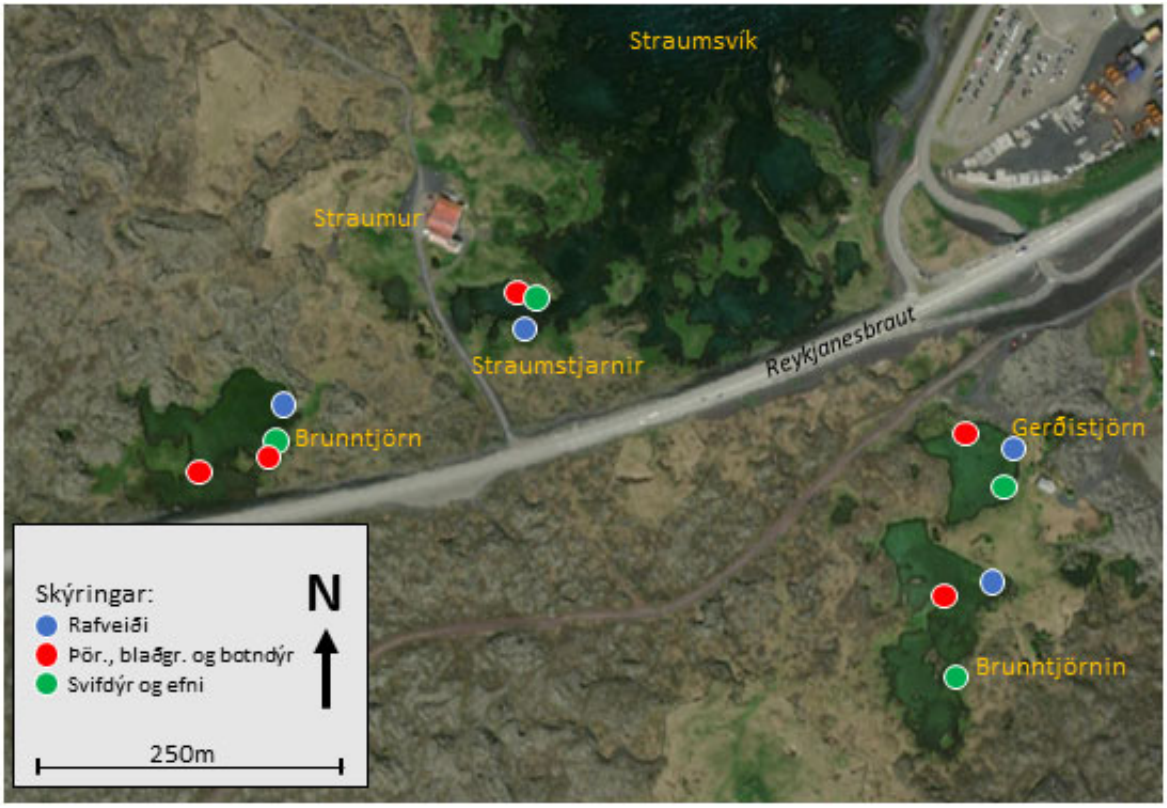
Í grein sinni um „Lífríki í tjörnum við Straumsvík“ ítrekar Agnar Ingólfsson (1998b) að tjarnirnar, sem alfarið eru með ferskvatni, séu einstæð náttúrufyrirbrigði og er óvíða að finna annarsstaðar í veröldinni. Hann nefnir mikilvægi þess að vernda þessar tjarnir og umhverfi þeirra, og að gæta þess að hverskonar framkvæmdir sem farið verði í um ókomna framtíð skerði ekki rennsli grunnvatns til þeirra.

Aðalmarkmið rannsóknarinnar er að gera úttekt á lífríki stærstu tjarnanna við Straumsvík sem eru á áhrifasvæðið breikkunar Reykjanesbrautar við Straumsvík, en svæðið er á Náttúruminjaskrá. Áhersla er lögð á að rannsaka þörunga, botndýr og fiska. Auk þess að rannsaka eðlis- og

efnafræðilega þætti sem einkenna tjarnirnar. Þetta er fyrsta heildstæða rannsóknin á þessum þáttum sem gerð er í þessum tjörnum en áður hefur verið gerð rannsókn á vatnaplöntum. Niðurstöðurnar veita mikilvægar upplýsingar um rannsóknarþættina áður en framkvæmdir hefjast við breikkun Reykjanesbrautar. Sjávarfjaran, utan Straumsvíkur, var ekki könnuð í þessari rannsókn, henni hefur verið gerð skil í greinum eftir Agnar Ingólfsson (1998a) og Jörund Svavarsson (1998). Þessi rannsókn náði þó til innsta hluta Straumstjarna þar sem seltu gætir.

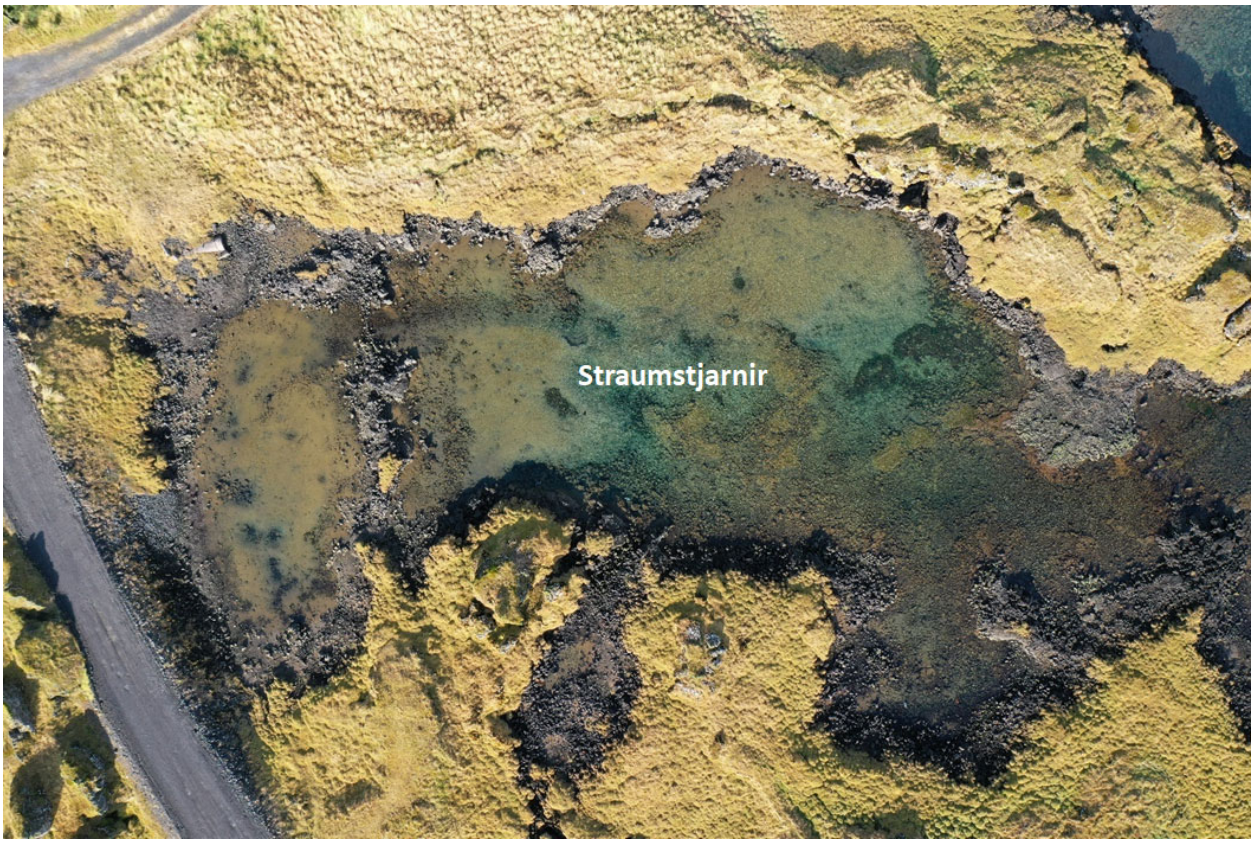
2. Lýsing á rannsóknasvæði

Hraunavík nefnist víkin á milli Hvaleyrarhöfða og Hrauna og inn úr henni vestanverðri gengur Straumsvík (Freysteinn Sigurðsson 1976). Eins og fram hefur komið áður einkennist umhverfi tjarnanna við Straumsvík af hraunum. Þau eru talin hafa myndast úr þremur gosum þar sem hraun rann úr Hrútagjárdyngju fyrir um 5.000 árum, svokallað Hellnahraunið eldra, sem rann úr Grindarskörðum fyrir 2.000 árum og yngst hrauna er síðan Kapelluhraun sem rann árið 1151 úr gígum suður undir Vatnsskarði (Haukur Jóhannesson og Sigmundur Einarsson 1998). Umhverfi tjarnanna einkennist af gróskumiklum hraunagróðri, þar á meðal hraundældirnar sem einkennast af lynggróðri (Hörður Kristinsson 1998). En uppi á hæðum eru mosaþembur einkennandi þar sem hraungambrinn er alsráðandi. Séu efstu hlutar hæðanna ekki þaktar hágróðri eða mosa, einkennast þær af skófum. Dýpi tjarnanna var ekki mælt í þessari rannsókn, en það er af augljósum ástæðum breytilegt eftir sjávarföllum. Í Brunntjörn hefur hæð vatnsborðs hins vegar verið mæld og reyndist munurinn á vatnshæð vera rúmir tveir metrar í stórstreymi, en um 1,7 metrar í meðalstórstreymi (Agnar Ingólfsson 1998b). Sýnatökur og mælingar voru gerðar í þremur tjörnum (Gerðistjörn, Brunntjörninni og Brunntjörn) og í innsta hluta Straumsvíkur sem kallast Straumstjarnir (Myndir 1-4).



Mynd 1. Yfirlitskort yfir rannsóknasvæðið við Straumsvík. Mismunandi litir tákna sýnatökustaði fyrir ólíka þætti rannsóknarinnar – sjá skýringu á mynd. Ljósmynd: SPOT-5 gervitunglamynd.

Mynd 2. Yfirlitsmynd yfir Gerðistjörn og Brunntjörnina, sunnan við Reykjanesbraut (efri mynd) (Ljósm. Ingi Rúnar Jónsson). Rauðu örvarnar sýna hvar sýni voru tekin úr fjöru og af mjúkbotni. Neðri tvær myndir sýna þörungabreiður á botni tjarnanna, Gerðistjörn til vinstri og Brunntjörnin til hægri (Ljósm. Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir).



Mynd 3. Innsti hluti Straumstjarna, þar sem sýnatökur og mælingar fóru fram (rauð ör) (Ljósm. Ingi Rúnar Jónsson).

Mynd 4. Yfirlitsmynd yfir Brunntjörn og Reykjanesbraut. Rauðu örvarnar sýna hvar sýni voru tekin úr fjöru og af mjúkbotni (Ljósm. Ingi Rúnar Jónsson). Neðri tvær myndir sýna þörungabreiður á botni tjarnarinnar (Ljósm. Ragnhildur Þ. Magnúsdóttir).

Yfirlit yfir staðsetningar og sýnasöfnun á rannsóknatímabilinu frá júní til september 2020 er í viðauka 7. Allar sýnatökur og mælingar fóru fram 3–4 klst. eftir háflóð í Reykjavík, nema þann 30. júní 2020 þegar miðað var við að vera á háflóði við sýnatökur (Tafla 1). Hafa ber í huga að um 2 klst. seinkun getur verið á sjávarföllum í tjörnunum miðað við það sem mælt er í sjónum utan við ströndina.

Tafla 1. Upplýsingar um sjávarstöðu í Reykjavík þá daga sem sýnatökur og mælingar fóru fram, 30. júní til 30. september 2020. Þessar upplýsingar eru sóttar á vefsvæði Vegagerðarinnar (http://www.vegagerdin.is/vs/ Stations.aspx?st=3). Árdegisflóð er merkt með grænu í töflunni og tímabil sýnatöku og mælinga er merkt með gulum lit.

Sjávarhæð í Reykjavík (m)					
Kl.	30.6.2020	3.7.2020	6.7.2020	20.8.2020	30.9.2020
00:00	3,1	1	0,6	0,5	0,7
01:00	3,3	1,7	0,4	0,3	1
02:00	3,4	2,5	0,6	0,4	1,7
03:00	3,3	3,2	1,1	1	2,5
04:00	2,7	3,6	2,1	2	3,3
05:00	2,1	3,7	2,9	3	3,8
06:00	1,5	3,5	3,5	3,7	3,8
07:00	1,1	3	3,7	4	3,6
08:00	0,9	2,2	3,6	3,9	3
09:00	1	1,4	3,2	3,4	2,2
10:00	1,5	0,9	2,4	2,6	1,4
11:00	2,1	0,7	1,4	1,5	0,9
12:00	2,7	0,9	0,7	0,6	0,8
13:00	3,2	1,4	0,4	0,3	1,1
14:00	3,4	2,3	0,6	0,4	1,7
15:00	3,4	3,1	1,1	0,9	2,5
16:00	3,1	3,8	2	1,9	3,3
17:00	2,5	4,1	2,9	3	3,9
18:00	1,8	4	3,7	3,9	4
19:00	1,3	3,5	4	4,3	3,9
20:00	1	2,8	4	4,3	3,4
21:00	1	1,8	3,7	4	2,5
22:00	1,2	1,1	3	3,1	1,6
23:00	1,7	0,7	2	2	0,9

3. Aðferðir

3.1 Eðlis- og efnaþættir

Mælingar á vatnshita, pH-gildi og leiðni voru gerðar við hverja heimsókn sem farið var í vegna sýnatöku, frá 30. júní til 1. október 2020. Mælarnir voru kvaðaðir m.v. pH 4 og 7 og leiðni m.v. 1413 µS/cm. Mælingarnar voru staðlaðar miðað við 25°C. Mælingar voru gerðar á þeim stöðum sem sýni voru tekin og hnit mælistaða jafnan skráð með GPS tæki og miðað við WGS-84 (Tafla 2). Mælingarnar voru gerðar með YSI Pro 1030 fjölnema og voru pH-gildin og leiðni stöðluð miðað við 25°C. Auk þess var styrkur og mettun súrefnis mæld þann 3. júlí 2020 með YSI ProODO sem kvarðaður var á staðnum og leiðrétt m.t.t. loftþrýstings.

Sýnum til mælinga á uppleystum efnum og heildarstyrk lífræns kolefnis var safnað úr tjörnunum fjórum á flóði á sama tíma og söfnun á svifdýrum fór fram (30. júní 2020). Auk þess var efnasýni safnað úr Straumstjörnum á fjöru nokkrum dögum seinna á sama tíma og lífríki í fjöru var rannsakað (3. júlí 2020). Það var gert til að reyna að meta áhrif sjávarfalla á tjörnina. Vatni var safnað af bakka í fötu í bandi sem hent var út í tjarnirnar og var sýnum safnað úr yfirborðslagi tjarnanna. Fatan var dregin að landi og vatni hellt í 5 lítra brúsa. Brúsinn og fatan voru skoluð með vatninu fyrir söfnun. Sýnin voru síuð á staðnum með því að dæla þeim í gegnum Sartorius síuhaldara sem í var Cellulose acetate síur, 142 mm að þvermáli með 0,2 µm möskvastærð. Notuð var peristaltísk dæla með sílikon slöngum frá Masterflex. Síað var í: 1) 250 ml brúna glerflösku fyrir alkalinity (basavirkni), 2) 100 ml ósýruþvegna HDPE plastflösku fyrir anjónir, 3) 100 ml HDPE ósýruþvegna plastflösku fyrir næringarefni og 4) 50 ml sýruþvegna HDPE plastflösku fyrir katjónir og snefilefni. Sett var 0,5 ml af hreinsaðri, fullsterkri saltpétursýru (HNO_3) í 4. flöskuna. Sýnum til mælinga á heildarstyrk lífræns kolefnis (TOC) var safnað ósíuðum í 30 ml glerglas og var sýnið sýrt með 0,3 ml af fullsterkri saltsýru (HCl).

Alkalinity var greint daginn eftir söfnun á rannsóknarstofu Hafrannsóknastofnunar. Styrkur uppleystra anjóna (F, Cl og SO_4) var mældur á jónaskilju Jarðvísindastofnunar Háskólans og styrkur annarra uppleystra efna var mældur hjá ALS Scandinavia í Svíþjóð. Heildarstyrkur næringarefna og lífræns kolefnis var mælt hjá ALS DK í Danmörku. Alkalinity var greint með títrun og endapunktur ákvarðaður með Gran-falli. Anjónir voru mældar á jónaskilju (IC-2000), næringarefni voru greind með sjálfvirkum litrófsmæli (autoanalyser), lífrænt kolefni var greint með Skalar Formacs TOC/TN Analyzer og önnur uppleyst efni voru mæld með massagreinum í Svíþjóð, ICP-AES (aðalefni) og ICP-SFMS (snefilefni og málmar).

3.2 Blaðgræna og þörungar í fjöru

Blaðgræna a var mæld á 10 steinum í fjörubelti tjarnanna. Þrjár mælingar voru gerðar á hverjum steini. Meðaltal þeirra þriggja mælinga var reiknað fyrir hvern stein og síðan tekið meðaltal af þeim gildum fyrir þá 10 steina sem blaðgrænan var mæld á. Magn blaðgrænu er gjarnan notað sem mælikvarði á lífmassa frumframleiðenda s.s. þörunga og blábaktería. Mælingar á blaðgrænu *a* voru framkvæmdar á staðnum, með BenthoTorch flúrljómun (bbe Moldaenke©), sem gefur heildarmagn blaðgrænu *a* á fersentimetra (µg cm^{-2}). Mælirinn sendir frá sér ljós og er endurkast þess af mismunandi bylgjulengdum notað til útreikninga á magni blaðgrænu *a,* sem síðan er hægt að deila niður á milli mismunandi hópa frumframleiðenda eftir endurkasti ljóss af mismunandi bylgjulengdum.

Til greininga á ***botnlægum þörungum í fjöru*** voru teknir þrír steinar af handahófi innan þess svæðis sem blaðgræna var mæld. Rammi (24x36 mm = 8,64 cm^2) var lagður á yfirborð hvers steins, sem var ofan sets og burstað rækilega með tannbursta með vínylhárum innan úr rammanum yfir plast bakka. Þetta var gert á þremur mismunandi stöðum á hverjum steini til að ná til sem flestra hópa þörunga og blábaktería. Allt sem losnaði innan hvers ramma var skolað niður í bakkann og þaðan í brúna glerflösku og varðveitt með 10% kalíumjoðlausn (Lugol) sem var blandað 1-2% í sýni. Þessi sýni voru aðallega ætluð fyrir greiningar á kísilþörungum. Fyrir aðra þörunga voru tekin fersk þörungasýni til að skoða fljótlega eftir sýnatökuna. Eftir fyrrnefnda sýnatöku var það sem sat eftir á hverjum steini þvegið af, sett í glært plastílát með loki og geymt í kæli fram að úrvinnslu. Nokkrum dögum síðar voru fersk þörungasýnin skoðuð í smásjá við 400 falda stækkun í Leica DM4000B fasasmásjá og gróflega ályktað um hverjir væru helstu hópar þörunga og blábaktería í sýnunum. Engar talningar eða magnmælingar voru gerðar við þess skoðun.

Til að einfalda úrvinnslu við ***greiningar á kísilþörungum*** voru fyrir hverja tjörn tekin hlutsýni með pípettu úr flöskunum þremur með þörungasýnum og sameinuð í eitt skilvinduglas. Sýnaflöskurnar höfðu verið vigtaðar fyrir og eftir sýnatöku og þannig fundin þyngd hvers sýnis. Þyngd allra hlutsýna var 15% af þyngd þeirra sýna sem þau voru tekin úr.

Tegundagreiningar á kísilþörungum eru gerðar í smásjá út frá útliti kísilskelja sem umlykja einfruma þörungana. Til að sjá mynstur í skeljum kísilskeljanna var allt lífrænt efni hreinsað úr sýnunum með saltpétursýru. Byrjað var á því að skola varðveisluvökva (Lugol joðlausn) úr sýnum með því að spinna þau niður í skilvindu, taka vökvann ofan af botnfallinu með pípettu, bæta eimuðu vatni á sýnin og hrista vel upp í þeim. Þetta var endurtekið einu sinni og endað með botnfall í skilvinduglasinu með sem minnstum vökva á. Þá var bætt á sýnin álíku rúmmáli af 65%

saltpétursýru og rúmmál botnfallsins var fyrir. Þá voru sýnin látin sjóða í vatnsbaði við um 70°C í nokkrar klukkustundir. Eftir suðu var saltpétursýran skoluð úr sýninu eins og gert var áður fyrir varðveisluvökvann. Skolunin var endurtekin nokkrum sinnum þar til pH gildi sýnisins var um 5 eða hærra, því að sýni með of lágu pH gildi varðveitist verr eftir að það hefur verið steypt á smásjárgler. Eftir síðasta spunann var rúmmál sýna stillt af með því að bæta 10 ml af eimuðu vatni á vökvalítið botnfallið. Þar með voru sýnin tilbúin til að setja á þekjugler. Smásjársýni voru útbúin með því að setja 400 µl af sýni á kringlótt þekjugler (15 mm í þvermál). Vegna mikils þéttleika kísilþörunga þurfti að þynna öll sýnin áður en þau voru sett á þekjuglerin. Þekjuglerin voru látin þorna við stofuhita yfir nótt. Eftir það voru þau steypt á smásjárgler 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. Allir heilir þörungar sem sáust innan sjónsviðsins voru taldir og greindir til tegunda ef mögulegt var. Brotnir þörungar voru ekki taldir með. Miðað var við að greina 600 (604–611) kísilþörungaskeljar úr hverju sýni (sem samsvara 300 frumum) en vegna fábreytni í sýni úr Straumstjörnum voru greindar 806 skeljar úr því. Við skoðun sýna í smásjá er hægt að fylgjast með hnitum staðsetningar sjónsviðs á smásjárglerinu. Kísilþörungar voru greindir úr sjónsviðum sem hnit voru valin fyrir af handahófi í Excel töflureikni. Við tegundagreiningar kísilþörunga voru notaðar ýmsar greiningabækur og tegundalistar (Cantonati, Kelly og Lange-Bertalot 2017; Krammer og Lange-Bertalot 1997a, 1997b, 2004a, 2004b; Levkov, Mitić-Kopanja og Reichardt 2016; Lange-Bertalot 2001; Bey og Ector 2013). Auk þess sem stuðst var við ýmsar vísindagreinar um valdar tegundir kísilþörunga (t.d. Monnier o.fl. 2012). Allar upplýsingar voru skráðar jafnóðum, s.s. magn í sýnum og hlutsýnum, hlutföll þynninga og fjöldi sjónsviða sem greint var af, og þéttleiki kísilþörunga (fjölda/cm^2) uppreiknaður út frá þeim fjölda kísilþörunga sem fannst í hlutsýnum sem talið var úr í smásjá (Jafna 1).

$$\text{Þéttleiki kísilþörunga} = \frac{\text{Fjöldi kísilþörunga í hlutsýni}}{\text{Flatarmál sem sýni var tekið af} \times \left(\frac{\text{Rúmmál hlutsýnis á smásjárgleri}}{\text{Rúmmál sýnis}}\right) \times \left(\frac{\text{Flatarmál sem greint var af í smásjá}}{\text{Flatarmál hlutsýnis á smásjárgleri}}\right)} \qquad \text{Jafna 1}$$

Gildi fyrir Shannon fjölbreytileika og Pielou‘s jafndreifni voru reiknuð eins og lýst er í jöfnum 2 og 3 í kafla 3.4.

3.3 Svifdýr

Svifdýrum var safnað þann 30. júní 2020 með netháfi að þvermáli 25 cm og 125 µm möskvastærð. Sýnatakan var ómagnbundin og var háfnum kastað 4–6 m út frá bakka tjarnanna, á þremur stöðum í hverri tjörn, og dreginn rólega í land. Sýnin voru skoluð úr háfnum í 100 ml brúna glerflösku og varðveitt með 10% kalíumjoðlausn.

Öll svifdýr voru greind til tegunda eða hópa, eftir því sem við var komið, undir víðsjá (8–100× stækkun) eða smásjá (50–1000× stækkun) og fjöldi einstaklinga af hverri tegund eða dýrahópi talinn.

3.4 Botnlægir hryggleysingjar

Sýni voru tekin í tveimur búsvæðagerðum, í ***fjöru*** og úr ***botnseti*** (mjúkbotn). Beita þurfti mismunandi aðferðum við sýnatökur í hvorri búsvæðagerð fyrir sig sem lýst er hér.

Sýni af botnlægum hryggleysingjum í ***fjöru*** voru tekin á 15 m belti fjörunnar niður á 40-50 cm dýpi. Sýnin voru tekin með slembiúrtaki innan þess beltis. Á hverju hniti sem valið var fyrirfram á tilviljanakenndan hátt var tekinn steinn af botni og háfi með 25 × 25 cm opi og poka með 250 µm möskvastærð var komið undir steininn er honum var lyft upp af botninum, þannig að lífverur sem losnuðu lentu í háfnum. Sýnið var síað í gegnum sigti (125 µm), sett í plastílát og varðveitt í 70% etanóllausn. Grófleiki yfirborðs steinanna var metinn á skalanum 1–5, þar sem 1 var slétt yfirborð, 2 fremur slétt yfirborð, 3 fremur gróft yfirborð, 4 gróft yfirborð og steinn sem hafði mjög gróft yfirborð var gefið gildið 5. Ofanvarp allra steina var dregið á blað og mesta hæð mæld. Tekin voru 10 slík steinasýni og unnið úr sex sem valin voru af handahófi. Ofanvarp hvers steins og teikning af 4 cm^2 reit var skannað inn í tölvu með myndskanna og flatarmál steinanna reiknað með tölvuforriti (PixelSum 1.2) út frá fjölda punkta (pixels) í myndum steinanna og fjölda punkta í 4 cm^2.

Hryggleysingjum úr ***botnseti*** (mjúkum botni) var safnað með kjarnasýnataka (Kajak) sem var 5 cm í þvermál (19,63 cm^2). Sýnunum var safnað innan þeirra svæða sem fjörusýnin voru tekin, en á meira dýpi. Kjarnatakanum var þrýst gætilega niður í botnsetið og tappi settur í efra op sýnatakans þannig að undirþrýstingur myndist í sýnatakanum og sýnið héldist í honum á meðan það var tekið upp. Sýnið var síðan losað í fötu. Öll sýnin voru sigtuð í gegnum 250 µm sigti og varðveitt í 70% etanóllausn fram að frekari úrvinnslu.

Úrvinnsla botndýrasýna fól í sér að dýrin voru tínd úr hverju sýni, þau grófflokkuð og helstu hópar greindir og taldir undir víðsjá og allar fjöldatölur umreiknaðar í fjölda lífvera á fermetra (fjölda

dýra í sýni/flatarmál steins eða kjarnataka [m^2]). Rykmýslirfur voru greindar til tegunda eða hópa í Leica DM 1000 smásjá við 100–1000x stækkun. Miðað var við að greina a.m.k. 180–200 rykmýslirfur úr hverri tjörn. Hlutsýni var tekið af lirfunum ef fjöldi þeirra í tjörn var meiri og þá miðað við að steypa a.m.k. 30 lirfur úr hverju sýni sem var grófflokkað. Fyrir hlutsýnatöku var lirfunum dreift sem jafnast yfir botn petrískálar. Botn skálarinnar hafði áður verið skipt upp í jafn stóra reiti (1 × 1 cm), lirfurnar voru síðan tíndar úr reitunum sem valdir voru á tilviljanakenndan hátt og var hreinsað úr hverjum reit sem lirfurnar voru teknar úr. Lengd og hausbreidd lirfanna var mæld og þær því næst steyptar í Hoyer´s steypiefni (Anderson 1954) á smásjárgler og þekjugler (10 mm í þvermál) sett yfir hverja þeirra. Passað var upp á að kviðlæg hlið lirfuhausanna sneri upp áður en þekjuglerinu var þrýst gætilega niður. Við tegundagreiningu lirfanna var notast við eftirfarandi heimildir: Cranston (1982), Wiederholm (1983) og Schmid (1993).

Töluleg úrvinnsla

Tegundaauðgi (e: taxa richness) er einfaldasti máti til að reikna fjölbreytileika, þar sem einungis eru taldar þær tegundir sem finnast á hverjum stað óháð hver hlutfallslegur fjöldi þeirra er.

Við frekari greiningu á fjölbreytileika er stuðst við útreikninga á fjölbreytileikastuðlum. Í þessari rannsókn var notast við Shannon fjölbreytileikastuðul (Jafna 2), einnig nefndur Shannon-Wiener eða Shannon Weaver (Magurran 2003). Við útreikninga á Shannon fjölbreytileikastuðli er tekið til greina hver hlutfallslegur fjöldi mismunandi tegunda er í sýninu, þannig að sé ein tegund með yfirgnæfandi hlutdeild af heildarfjölda einstaklinga fást lág gildi fyrir Shannon fjölbreytileikastuðul.

$$H' = -\sum_{i=1}^{R} pi \, ln \, pi \qquad \text{Jafna 2}$$

H‘ = Shannon fjölbreytileiki, R = fjöldi tegunda (tegundaauðgi), *pi* = hlutfallslegur fjöldi mismunandi tegunda.

Annar stuðull sem einnig er mikið notaður til að reikna út einsleitni í samfélögum er Peilou‘s jafndreifni (J‘) (e: evenness) stuðull er segir til um hversu líkur/ólíkur hlutfallslegur fjöldi tegunda á ákveðnu svæði er.

$$J' = H' / ln \, S \qquad \text{Jafna 3}$$

J‘ = Pielou‘s jafndreifni, *H*‘: Shannon fjölbreytileiki, *S*: hámarks fjöldi tegunda.

3.5 Fiskur

Rannsókn var gerð á fiskum í öllum tjörnunum fjórum. Á hverjum stað var farin ein yfirferð með rafveiði. Við rafveiðar er notaður búnaður sem samanstendur af rafstöð sem framleiðir 220 volta

riðstraum sem breytt er í 300 volta jafnstraumsspennu og gefur hún frá sér um 0,5 ampera straum. Málmmotta er notuð sem hlutlaust bakskaut og liggur á botni. Forskautið er leitt í málmhring á enda rafveiðistafs sem veiðimaðurinn heldur í vatninu og fer yfir það svæði sem veiða skal. Meðan málmhringurinn er yfir fiskinum lamast hann og dregst að hringnum, þannig að unnt er að ná honum í háf. Virkni hringsins nær um 1 m út frá honum.

Flatarmál hverrar stöðvar var mælt og reiknuð vísitala þéttleika fiska á hverja 100 m^2 botnflatar, þ.e.

$$Vísitala\ þéttleika = \left(\frac{fjöldi\ fiska}{stærð\ rafveiðisvæðis\ [m^2]}\right) * 100 \qquad \text{Jafna 4}$$

Veiddir fiskar voru greind til tegunda og lengdar- og þyngdarmældir. Kvarnir og hreistur var tekið af hluta veiddra fiska til aldursgreiningar þeirra, en öðrum sleppt aftur að loknum mælingum. Aldur var greindur á kvörnum undir víðsjá.

Meðallengd einstaklinga hvers árgangs var reiknuð fyrir hvern stað, ásamt staðalfráviki. Einnig var reiknaður Fultons holdastuðull (K) (Bagenal og Tesch 1978) sem gefur mat á holdafari fiska og reiknast á eftirfarandi hátt:

$$K = \left(\frac{þyngd\ [g]}{lengd^3\ [cm]}\right) * 100 \qquad \text{Jafna 5}$$

Magainnihald þeirra fiska sem teknir voru í sýni var varðveitt í etanóli og greint á rannsóknarstofu. Magafylling var metin á staðnum með sjónmati og gefin stig frá 0 til 5, þar sem 0 er tómur magi en 5 úttroðinn. Rúmmálshlutdeild hverrar fæðugerðar var metin með sjónmati og hlutfallslegt rúmmál hverrar fæðugerðar fyrir hóp fiska reiknað sem:

$$Hlutfallslegt\ rúmmál\ fæðu = \frac{\sum(Rúmmálshlutdeild\ fæðugerðar * fyllingastig)}{\sum(fyllingastiga)} \qquad \text{Jafna 6}$$

Með þessu móti er tekið tillit til magafyllingar, auk hlutfallslegs rúmmáls fæðu miðað við aðrar fæðutegundir. Á þann hátt fæst heildar rúmmálsvægi einstakra fæðugerða. Reiknuð var meðalmagafylli fyrir þá fiska sem höfðu fæðu í maga.

Hornsílagildrur (e: *Minnow traps*) voru lagðar í allar tjarnirnar þann 30. september og teknar upp þann 1. október 2020. Þrjár gildrur voru lagðar í hverja tjörn og lágu yfir nótt í u.þ.b. 20–24 klst. Allt sem veiddist í gildrurnar var greint, mælt og vegið.

4. Niðurstöður

4.1 Eðlis- og efnaþættir

Niðurstöður mælinga á lofthita, vatnshita, pH, leiðni, súrefnisstyrk og súrefnismettun eru settar fram í töflu 2 og niðurstöður mælinga á styrk uppleystra efna og heildarstyrk lífræns kolefnis eru í töflu 3.

Vatnið sem rennur í tjarnirnar er grunnvatn sem streymir um gropin hraunin sem þekja landið. Vatnsstreymið er fremur jafnt og er vatnið kalt þegar það streymir inn í tjarnirnar. Vatnshitinn hækkar smám saman á dvalartíma vatnsins í tjörnunum. Vatnshiti í tjörnum var lágur alla mælidagana, frá júnílokum fram í október, eða á bilinu 3,9–8,1 °C. Ekki var teljandi munur á vatnshita á milli tjarna innan hvers mælidags (Tafla 2).

Sambærilegt við grunnvatn á ungum berggrunni á Íslandi er pH vatnsins í tjörnunum hátt (sbr. vatnagerð RL2 í Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Mælingar á pH-gildum í tjörnunum sýndi að pH-gildin voru svipuð á milli mælidaga (8,64–9,52) og á milli tjarna innan mælidaga. Breytileikinn á milli tjarna innan mælidaga var á bilinu 0,26–0,56 pH-gildi.

Rafleiðni (leiðni) er óbeinn mælikvarði á magn hlaðinna efna og efnasambanda í vatni og hækkar leiðni með auknum styrk hlaðinna efna í vatninu. Mæligildi fyrir leiðni (rafleiðni) voru mjög svipuð milli daga og innan allra tjarna nema Straumstjarna, þar sem seltu gætir í mun meira mæli en í hinum tjörnunum þremur. Leiðnin var svipuð í tjörnunum (94–117 µS/cm) þegar efnasýnum var safnað 30. júní, en hærri í sýni sem safnað var úr Straumstjörn á fjöru þann 3. júlí. Það stafar af áhrifum frá sjó. Þessi munur á leiðni endurspeglast í heildarstyrk uppleystra efna (TDS) í efnasýnum sem safnað var úr tjörnunum og var 75–87 mg/l nema í sýninu sem safnað var á flóði í Straumstjörnum. Þar var heildarstyrkurinn 104 mg/l og stafar munurinn af áhrifum af innstreymi sjávar í tjörnina. Það sýnir að þrátt fyrir að sýnunum hafi verið safnað úr ferskvatnslinsunni sem flýtur ofan á sjónum hafa sjávarföllin töluverð áhrif á yfirborðslag Straumstjarnar. Leiðni var mæld í hverjum leiðangri rannsóknarinnar frá júní til október og var á bilinu 93,7 og 105,9 µS/cm í öðrum tjörnum en Straumstjörnum. Það er sambærilegt við leiðni í lindám sem renna af ungum berggrunni á landinu (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Í Straumstjörnum var leiðnin hinsvegar á bilinu 91,2 og 7.887 µS/cm. Þessi munur helgast einkum af því hvar mælt er og hver sjávarstaða var við mælingu. Breytileiki í leiðni á milli annarra tjarna en Straumstjarna innan hvers mælidags var á bilinu 1,4 til 7,8 µS/cm (Tafla 2). Súrefnisstyrkur var einungis mældur einu sinni yfir rannsóknatímabilið og reyndist vatnið í tjörnunum vera yfirmettuð m.t.t. súrefnis nema í

Straumstjörnum þar sem súrefnismettunin var 95,4% (Tafla 2). Súrefnismettun var leiðrétt fyrir vatnshita og loftþrýstingi en ekki fyrir seltu.

Uppleyst aðalefni í ferskvatni eru kísill (SiO_2), natríum (Na), kalíum (K), kalsíum (Ca), magnesíum (Mg), súlfat (SO_4), klór (Cl), flúor (F) og ólífrænt kolefni. Styrkur Na og Cl er mjög hár í sjó og hefur því áhrif á styrk efnanna í Straumstjörnum, þar sem styrkur þeirra er hár miðað við í hinum tjörnunum. Auk þess er sjórinn auðugur af SO_4 og Mg sem endurspeglast einnig í hækkuðum styrk í Straumstjörnum. Styrkur aðalefna í þeim tjörnum sem eru undir minni áhrifum af sjó er sambærilegur og við er að búast í lindarvatni á Íslandi.

Snefilefni eru torleyst efni sem eru í mjög litlu magni í vatni. Snefilefni eru málmar og af þeim eru allmargir sem eru svokallaðir þungmálmar. Mörg snefilefni eru nauðsynleg lífríkinu en önnur geta verið því hættulegt. Hætta er á að þungmálmar geti losnað út í lífríkið af mannavöldum og valdið mengun í umhverfinu. Styrkur snefilefna í tjörnum í og við Straumsvík er almennt lágur og fyrir neðan hættumörk sem gefin eru upp í reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999. Flokkun vatns í tjörnunum miðað við uppgefin viðmið um varnir gegn mengun vatns er sýnd í töflu 4. Þar kemur fram að styrkur kopars, sinks, kadmíum, blýs, nikkels og arsens er í flokki I sem endurspeglar náttúrulegt ástand þar sem mjög lítil eða engin hætta er á að styrkur málmanna hafi áhrif á lífríki. Styrkur króms í tjörnunum er í flokki II, sem endurspeglar styrk sem lítil hætta er á að valdi áhrifum á lífríki ferskvatns.

Niðurstöður mælinga á styrk uppleystra næringarefna eru í töflu 3. Í rannsókninni var mældur styrkur uppleysts ólífræns fosfórs, fosfats (PO_4) og styrkur þriggja uppleystra ólífrænna köfnunarefnissambanda, nítrats (NO_3), nítríts (NO_2) og ammóníums (NH_4). Einnig var mældur heildarstyrkur uppleystra lífrænna og ólífrænna efnasambanda fosfórs og köfnunarefnis (P-total og N-total, oft kallað TDP og TDN, total dissolved phosphorus og -nitrogen). Munurinn á heildarstyrk P og N og styrk ólífrænu efnasambandanna (PO_4, NO_3, NO_2 og NH_4) gefur til kynna styrk uppleysts köfnunarefnis á lífrænu formi (DON og DOP).

Styrkur fosfórs (P) er nokkuð hár í tjörnunum og hlutfallslega hærri en styrkur köfnunarefnis (N) miðað við þörf frumframleiðanda, en næringarþörf þeirra er 1 mól af P á móti 16 mólum af N (Redfield 1958). Það er sambærilegt og þekkist í ferskvatni sem rennur um ungan berggrunn á Íslandi. Fosfór er bergættað efni og vatn sem streymir um ungt, hvarfgjarnt hraun er almennt með háan styrk fosfórs. Köfnunarefni er hins vegar loftborið efni og fellur með úrkomu til jarðar. Vatn á Íslandi er því með tiltölulega svipaðan styrk köfnunarefnis, hvort sem það rennur af ungu bergi eða gömlu. Hár fosfórstyrkur í ferskvatni á Íslandi er af náttúrulegum uppruna í langflestum

tilvikum. Þrátt fyrir það flokkast vatnið í tjörnunum í flokk II samkvæmt reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 (Tafla 4). Sá flokkur endurspeglar þó að ólíklegt sé að styrkurinn hafi neikvæð áhrif á lífríki vatnsins. Hins vegar geta hlutföll næringarefna í vatni haft áhrif á það lífríki sem þar getur þrifist, s.s. hvaða tegundir frumframleiðanda ná yfirhöndinni.

Styrkur köfnunarefnis var undir greiningarmörkum í Gerðistjörn og Brunntjörn en í Straumstjörnum og Brunntjörninni var enn þó nokkuð eftir af aðgengilegu köfnunarefni. Ljóstillífun hefur því tekið meira upp af næringarefnum í Gerðistjörn og Brunntjörn en í hinum tjörnunum. Munurinn á milli uppleysts heildarstyrks fosfórs og ólífræns fosfats bendir til að 0–8% af magni fosfórs sé á lífrænu formi (DOP, Dissolved Organic Phosphorus) (Tafla 3). Sambærilegir reikningar á mun uppleysts heildarstyrks köfnunarefnis og uppleystra ólífrænna köfnunarefnissambanda benda til að 54–85% köfnunarefnis sé á lífrænu formi (DON, Dissolved Organic nitrogen) (Tafla 3). Hæsta hlutfall lífræns köfnunarefnis er í Gerðistjörn og Brunntjörn, 82 og 85%, en það er 54–60% í hinum tjörnunum. Hæsti styrkur lífræns kolefnis (TOC) var einnig í Gerðistjörn og Brunntjörn (Tafla 3).

Tafla 2. Upplýsingar um sýnatökur, staðsetningu, hita, pH, leiðni og súrefni í Gerðistjörn, Brunntjörninni, Straumstjörnum og Brunntjörn 30. júní til 30. september 2020 (sjá einnig viðauka 7). Sv.: Sýnatökusvæði innan tjarnar, Lofth.: Lofthiti, Vatnsh.: Vatnshiti og Loftþr.: Loftþrýstingur.

Tjörn	Sv.	Dags.	Kl.	Hnit N	Hnit V	Lofth. °C	Vatnsh. °C	pH	Leiðni (µS/cm)	Súrefnis-mettun (%)	Súrefnis-styrkur (mg/l)	Loftþr. (mm Hg)
Gerðistjörn		30.6.2020	12:40	64,03954°	22,03794°	12	4,6	9,23	94,3			
Brunntörnin		30.6.2020	13:45	64,03829°	22,03852°	12	4,4	9,15	94,5			
Straumstjarnir		30.6.2020	14:40	64,04071°	22,04522°	12	4,6	9,17	298,9			
Straumstjarnir		30.6.2020		64,04089°	22,04539°		4,5	9,02	1873			
Straumstjarnir		30.6.2020		64,04077°	22,04658°		4,6	9,23	132,2			
Straumstjarnir	A	30.6.2020		64,04059°	22,04682°		4,3	9,22	103,2			
Straumstjarnir	B	30.6.2020		64,04037°	22,04619°		4,1	9,19	91,2			
Straumstjarnir	C	30.6.2020		64,04053°	22,04579°		4,6	9,2	102,1			
Brunntjörn	A	30.6.2020	15:50	64,03959°	22,04942°	12	5,2	9,22	93,7			
Brunntjörn	B	30.6.2020		64,04010°	22,05031°		6,7	9,4	96,5			
Brunntjörn	C	30.6.2020		64,03982°	22,05082°		6,8	9,52	98,3			
Gerðistjörn		3.7.2020	14:58	64,03996°	022,03858°		7,1	9,34	94,7	106,1	12,82	751,1
Brunntjörnin		6.7.2020	12:13	64,03860°	022,03910°		7	9,09	94,2	106,8	12,91	759,9
Straumstjarnir		3.7.2020	12:12	64,04067°	022,04535°		4,5	9,16	117,4	95,4	12,31	751,4
Brunntjörn		3.7.2020	10:16	64,03949°	022,04998°		6,4	9,23	99	105,7	13,03	
Brunntjörn		3.7.2020	11:16	64,03983°	022,05064°		8,1	9,35	98,1	112,3	13,24	751,4
Gerðistjörn		20.8.2020	12:02	64,03998°	022,03803°		6,8	9,2	95,8			
Brunntjörnin		20.8.2020	12:24	67,03894°	022,03962°		6,1	9,16	96,7			
Straumstjarnir		20.8.2020	10:53	64,04065°	022,04535°		5,5	8,64	7887			
Straumstjarnir		20.8.2020	11:04	64,04080°	022,04612°		5,6	8,65	4900			
Brunntjörn		20.8.2020	11:29	64,03958°	022,04945°		5,6	9,12	97,2			
Gerðistjörn		30.9.2020	15:15				5,1	9,24	98,1			
Brunntjörnin		30.9.2020	16:39				4,3	9,16	98,2			
Straumstjarnir		30.9.2020	12:54				4,4	9,09	234,1			
Brunntjörn		30.9.2020	11:03				3,9	8,94	105,9			

Tafla 3. Niðurstöður mælinga á vatnshita, pH, leiðni, styrk uppleystra efna og heildarstyrk lífræns kolefnis í tjörnum við Straumsvík sumarið 2020.

Staðsetning		Gerðistjörn	Brunntjörnin	Straumstjarnir	Brunntjörn	Straumstjarnir
Sýnanúmer		20200630-12:40	20200630-13:40	20200630-14:40	20200630-15:50	20200703-12:08
Dagsetning		30.6.2020	30.6.2020	30.6.2020	30.6.2020	3.7.2020
Tími		12:40	13:40	14:40	15:50	12:08
Lofthiti	°C	12	12	12	12	14
Vatnshiti	°C	4,6	4,4	4,6	5,2	4,5
pH		9,23	9,15	9,17	9,22	9,16
Leiðni	µS/cm	94,3	94,5	298,9	93,7	117,4
SiO_2	µmól/l	251	252	249	244	250
Na	µmól/l	526	513	926	496	683
K	µmól/l	18,2	18,9	30,4	18,2	25,2
Ca	µmól/l	120	119	115	122	110
Mg	µmól/l	89	91	127	85	108
Basavirkni	meq/l	559	546	496	484	504
DIC[1]	µmól/l	516	509	458	443	466
SO_4	µmól/l	34,4	36,4	63,1	44,8	46,7
Cl	µmól/l	252	258	727	295	467
F	µmól/l	4,7	4,6	4,3	4,1	4,3
Hleðslujafnvægi	µmól	77	70	86	55	76
Skekkja	%	4,2	3,8	3,1	3,1	3,4
TDS reiknað	mg/l	78,1	77,9	104,4	75,0	87,8
TOC	mg/l	0,33	<0,10	<0,10	0,83	<0,10
P-total[2]	µmól/l	1,19	1,26	1,38	1,28	1,39
PO_4	µmól/l	1,10	1,32	1,35	1,26	1,48
NO_3	µmól/l	<0,14	1,21	1,07	<0,14	1,93
NO_2	µmól/l	0,071	0,114	0,060	0,086	0,049
NH_4	µmól/l	<0,21	0,357	<0,21	0,357	<0,21
N-total	µmól/l	2,36	4,14	3,36	3,86	4,71
P-total[3]	µmól/l	0,968	1,10	1,16	1,06	1,26
DON[4]	µmól/l	1,94	2,46	2,02	3,27	2,53
DOP[5]	µmól/l	0,095	0	0,024	0,027	0
Al	µmól/l	0,667	0,630	0,675	0,626	0,712
Fe	µmól/l	0,013	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
B	µmól/l	0,51	0,48	0,91	0,52	0,71
Mn	µmól/l	0,0014	0,0014	0,0015	0,0008	0,0016
Sr	µmól/l	0,082	0,085	0,188	0,081	0,157
As	nmól/l	0,996	<0,67	<0,67	0,833	0,894
Ba	nmól/l	0,896	0,673	0,467	0,696	0,351
Cd	nmól/l	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018	<0,018
Co	nmól/l	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085	<0,085
Cr	nmól/l	20,8	18,5	17,7	17,8	16,7
Cu	nmól/l	3,23	1,89	2,27	1,84	<1,57
Ni	nmól/l	1,17	1,25	0,89	1,44	<0,85
Pb	nmól/l	<0,048	<0,048	<0,048	<0,048	<0,048
Zn	nmól/l	<3,06	<3,06	<3,06	<3,06	<3,06
Hg	nmól/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mo	nmól/l	1,42	1,37	1,28	1,30	1,63
Ti	nmól/l	<0,02	0,75	0,58	0,54	0,11
V	µmól/l	0,573	0,524	0,516	0,481	0,514

DIC[1] Dissolved inorganic carbon (Uppleyst ólífrænt kolefni)

[2]Efnagreining gerð með ICP-OES

[3]Efnagreining gerð með Autoanalyser

DON[4] Uppleyst lífrænt köfnunarefni

DOP[5] Uppleyst lífrænt fosfór

Tafla 4 a-b. Flokkun vatns í tjörnum við Straumsvík miðað við umhverfismörk fyrir málma og næringarefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki samkvæmt reglugerð nr. 796/1999. Í töflu a eru umhverfismörkin sem sett eru í reglugerðinni en í töflu b eru niðurstöður mælinga í tjörnunum.

a.

Umhverfismörk fyrir málma og næringarefni í yfirborðsvatni til verndar lífríki

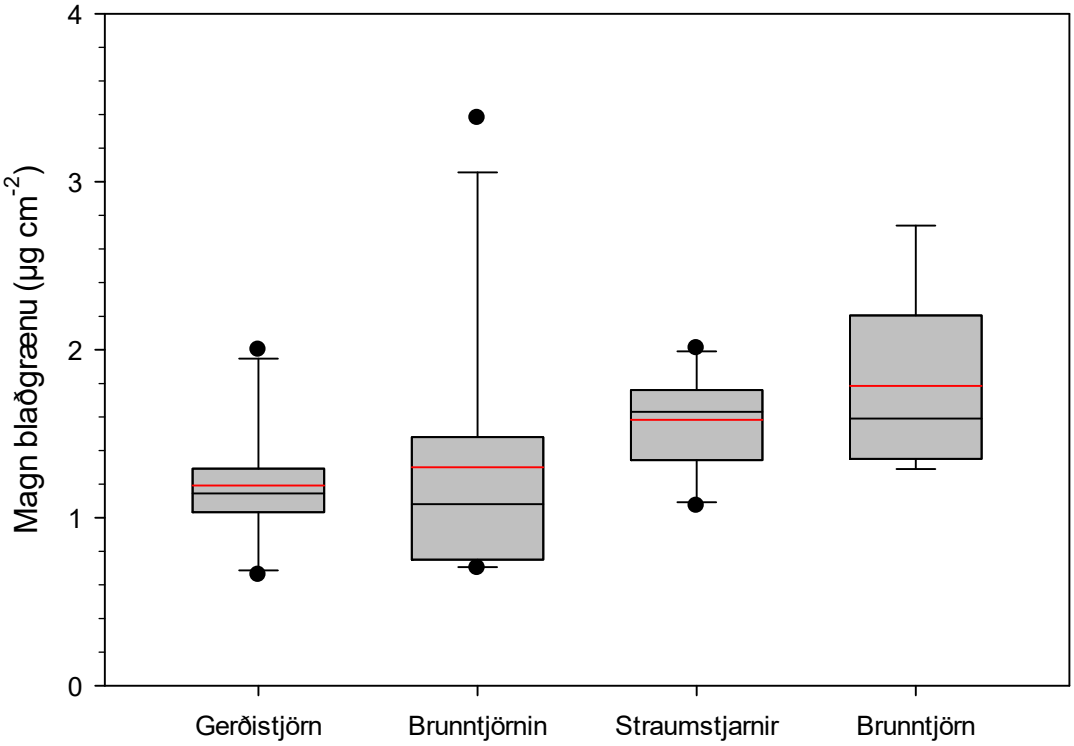
Málmar í yfirborðsvatni		A	B	C	D	E
Kopar	µg/l	0,5	0,5-3	3-9	9-45	>45
Zink	µg/l	5	5-20	20-60	60-300	>300
Kadmíum	µg/l	0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	0,3-1,5	>1,5
Blý	µg/l	0,2	0,2-1	1-3	3-15	>15
Króm	µg/l	0,3	0,3-5	5-15	15-75	>75
Nikkel	µg/l	0,7	0,7-15	15-45	45-225	>225
Arsenik	µg/l	0,4	0,4-5	5-15	15-75	>75
Næringarefni og blaðgræna í grunnum stöðuvötnum						
P-total	mg/l	<0,02	0,02-0,04	0,04-0,09	0,09-0,15	>0,15
N-total	mg/l	<0,3	0,3-0,75	0,75-1,5	1,5-2,5	>2,5

b.

		20200630-12:40	20200630-13:40	20200630-14:40	20200630-15:50	20200703-12:08
		Gerðistjörn	**Brunntjörnin**	**Straumstjarnir**	**Brunntjörn**	**Straumstjarnir**
Kopar	µg/l	0,205	0,120	0,144	0,117	<0,1
Zink	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Kadmíum	µg/l	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Blý	µg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Króm	µg/l	1,08	0,963	0,92	0,927	0,867
Nikkel	µg/l	0,0685	0,0732	0,0521	0,0845	<0,05
Arsenik	µg/l	0,0746	<0,05	<0,05	0,0624	0,067
P-total	mg/l	0,03	0,034	0,036	0,033	0,039
N-total	mg/l	0,033	0,058	0,047	0,054	0,066

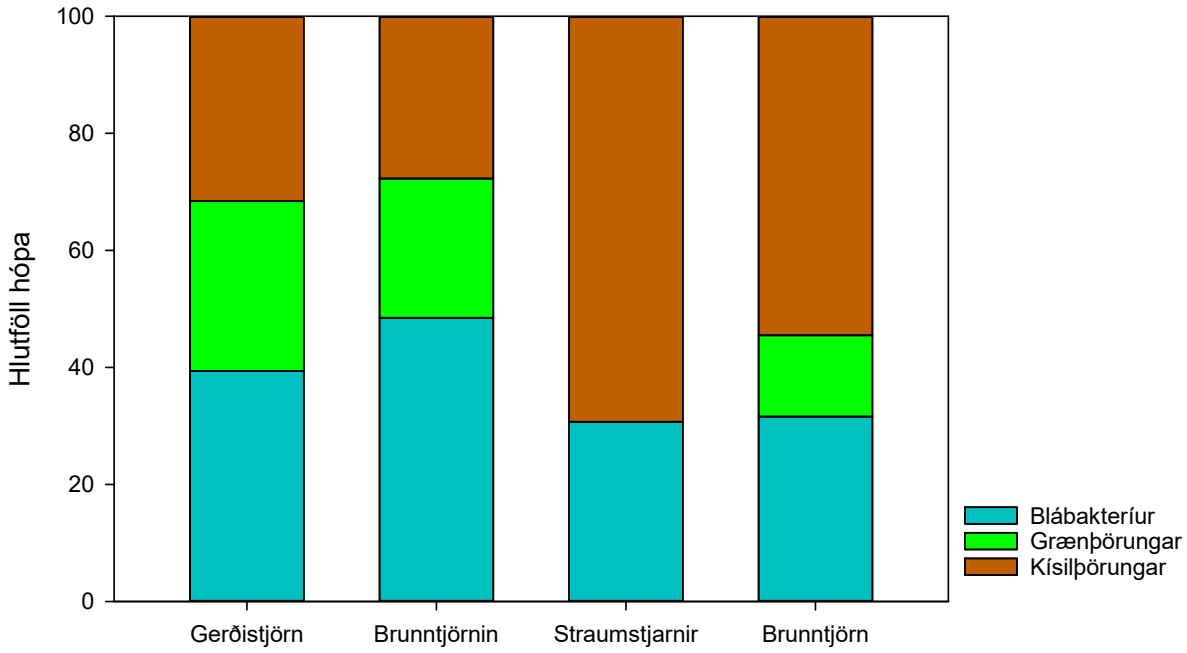
4.2 Blaðgræna og þörungar í fjöru

Líkt og áður hefur komið fram er magn blaðgrænu jafnan notað sem mælikvarði á lífmassa þörunga og blábaktería í ferskvatni. Heildarstyrkur blaðgrænu á fjörusteinum var lægri í syðri tjörnunum tveimur, Gerðistjörn og Brunntjörninni (1,2 og 1,3 µg/cm^2), en í nyrðri tjörnunum, Straumstjörnum og Brunntjörn (1,6 og 1,8 µg/cm^2) (Mynd 5). Í öllum tilfellum var mikill breytileiki á milli þeirra tíu mælinga sem gerðar voru í hverri tjörn, þannig var staðalfrávik frá meðaltölunum á bilinu 0,28 og 0,76, hæst í Brunntjörninni.



Mynd 5. Magn blaðgrænu á fjörusteinum í fjórum tjörnum við Straumsvík, 3. og 6. júlí 2020. Miðgildi mælinga er sýnt innan í hverjum kassa með svartri línu, meðaltal mælinga er sýnt með rauðri láréttri línu í hverjum kassa. Lóðrétt lína sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk mælinga liggja og svartir punktar gildi sem falla þar fyrir utan. Efri mörk hvers kassa sýna hvar efri 75% og neðri 25% mörk mælinga liggja.

Hlutföll þörungahópa á fjörusteinum í tjörnum eru sýnd á mynd 6. Þar sést að hlutföllin eru svipuð í Gerðistjörn og Brunntjörninni. Hlutfall blábaktería var hæst, 39,4% í Gerðistjörn og 48,5% í Brunntjörninni, hlutfall grænþörunga var 29,0% og 23,8% og hlutfall kísilþörunga var 31,6% og 27,7%. Á hinn bóginn voru kísilþörungar ríkjandi í tjörnunum norðan við Reykjanesbraut, 54,5% í Brunntjörn og 69,3% í fjöru Straumstjarna (Mynd 6). Hlutur blábaktería var um þriðjungur af heildar magni blaðgrænu í þessum tveimur tjörnum og ekkert mældist af grænþörungum í fjöru Straumstjarna.



Mynd 6. Hlutfallslegt magn blaðgrænu skipt á milli mismunandi hópa frumframleiðenda; blábaktería (blágrænt), grænþörunga (grænt) og kísilþörunga (ljósbrúnt), í fjórum tjörnum við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020.

Gerðistjörn. Við skoðun á ferskum þörungasýnum í smásjá (við 400 falda stækkun) sást að blábakteríur voru í lægra hlutfalli en í næstu tjörn við, Brunntjörninni. Í Gerðistjörn fundust meðal annars blábakteríur af ættbálkinum Oscillatoriales og ættkvíslinni *Calothrix.* Nokkuð var af grænþörungum af ættkvíslinni *Tetraspora* og þörungar sáust af ættkvíslinni *Closterium*. Mikið var af kísilþörungum í sýninu, en þar af fannst nokkuð af stórvöxnum kísilþörungum sem eru um 50–100 µm á lengd, til dæmis tegundir af ættkvíslinni *Cymbella* eins og *Cymbella langebertaloti* og *Cymbella neocistula* var. *islandica*. Kísilþörungar af tegundinni *Ellerbeckia arenaria* sáust einnig í sýninu. Flestir kísilþörungarnir voru þó minni en 50 µm á lengd og sáust betur við 1000 falda stækkun í smásjá. En við meiri stækkun komu þessar fyrrnefndu stórvöxnu tegundir sjaldnast fyrir því að þær lentu ekki í smásæu úrtakinu (viðauki 2). Við meiri stækkun í smásjá, sást að 3 tegundir kísilþörunga af *Staurosira* ættkvísl voru algengastar í Gerðistjörn, sem og Brunntjörninni og Brunntjörn, það voru *S. pseudoconstruens*, *S.* cf. *pinnata* og *S. venter* (Mynd 7). Fjórða algengasta tegundin í Gerðistjörn var *Nitzschia* cf. *costei* (Mynd 7 og viðauki 2).

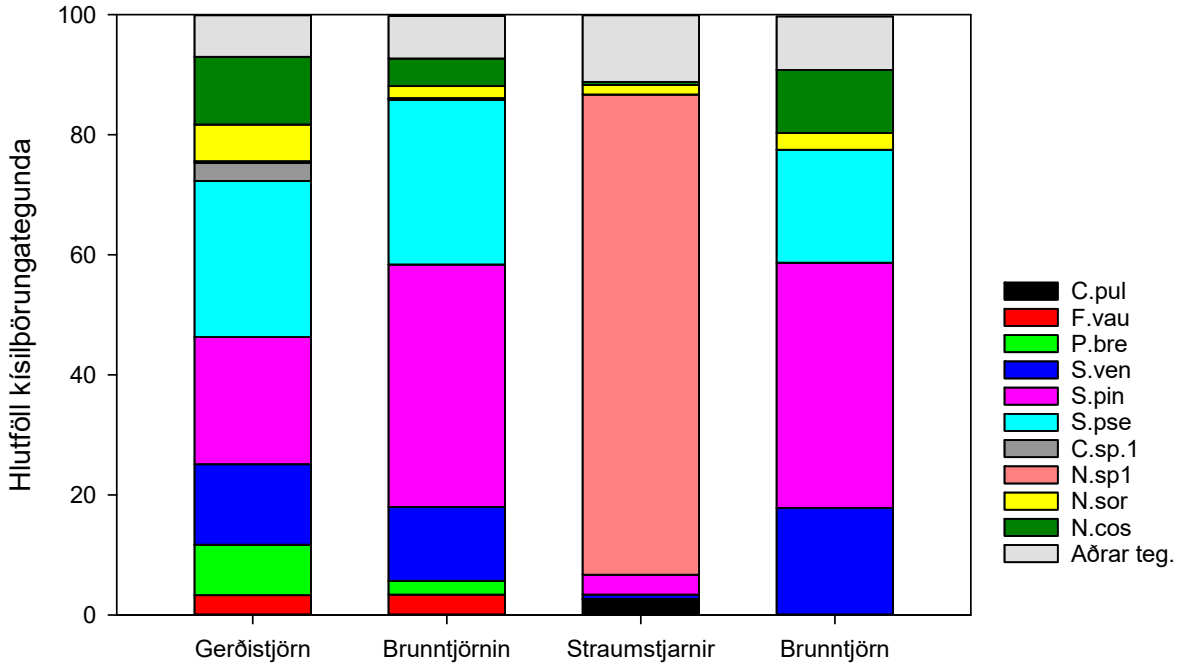
Brunntjörnin. Blábakteríur af ættkvíslunum *Anabaena* og *Nostoc* voru algengar í fjörubelti tjarnarinnar, en einnig fundust ættkvíslirnar *Oscillatoria* og *Calothrix*. Örlítið var um þráðlaga

grænþörunga og einnig kúlulaga. Kísilþörungar voru mjög algengir í fjörubelti tjarnarinnar, áberandi voru m.a. sömu stórvöxnu tegundir af ættkvíslunum *Cymbella* og sáust í Gerðistjörn og stórvaxin tegund af *Pinnularia* ættkvísl, líklega tegundin *Pinnularia neomajor* var. *neomajor.* Einnig sáust tegundir eins og *Gomphonema rhombicum, Rhoicosphenia abbreviata* og *Navicula radiosa* sem komu ekki fyrir í talningum kísilþörunga við 1000 falda stækkun (viðauki 2). Af algengustu *Staurosira* tegundunum þremur var *S.* cf. *pinnata* hlutfallslega algengust (Mynd 7 og viðauki 2).

Straumstjarnir. Mikið var af þráðlaga blábakteríum, sem líktust tegundum af ættbálki Oscillatoriales og ættkvíslarinnar *Calothrix*. Hátt hlutfall var af kísilþörungum á fjörugrjóti og voru næstum allir minni en 50 µm á lengd og sáust því illa við 400 falda stækkun í smásjá. Tegundasamsetning kísilþörungasamfélagsins einkenndist af mjög háu hlutfalli einnar tegundar af *Nitzschia* ættkvísl sem ekki tókst að greina til tegundar og því nefnd hér *Nitzschia* sp. 1 (Mynd 7 og viðauki 2).

Brunntjörn. Nokkuð mikið var um blábakteríur af ættkvíslunum *Anabaena* og *Nostoc*, en einnig af *Oscillatoria* og *Calothrix*. Grænþörungar sáust af ættkvíslunum *Tetraspora*, *Spirogyra* og *Ulothrix*. Af stórum kísilþörungum var tegundin *Pinnularia* var. *neomajor* algengari í þessari tjörn en í hinum. Þegar sýni voru skoðuð við 1000 falda stækkun kom í ljós að líkt og í Brunntjörninni voru kísilþörungar sem greindust til *Staurosira* cf. *pinnata* í hæstu hlutfalli, *S. pseudoconstruens* var næst algengust og þriðja algengust *S. venter* (Mynd 7 og viðauki 2).

Út frá niðurstöðum talninga og tegundagreininga á kísilþörungum var þéttleiki þeirra uppreiknaður (fjöldi á cm^2) (Tafla 5). Var þéttleikinn minnstur í Gerðistjörn og mestur í Brunntjörn. Fjöldi tegunda og tegundahópa kísilþörunga var líkur á milli tjarna. Hæstu gildi fyrir fjölbreytileika og jafndreifni voru fyrir sýni úr Gerðistjörn og lægstu úr Straumstjörnum. Brunntjörn og Brunntjörnin voru með lík gildi fyrir fjölbreytileika og jafndreifni (Tafla 5).



Mynd 7. Ríkjandi tegundir kísilþörunga í fjöru tjarna við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020. Skýringar á skammstöfunum: C.pul - Ctenophora pulchella, F.vau - Fragilaria cf. vaucheriae, P.bre - Pseudostaurosira brevistriata, S.ven - Staurosira venter, S.pin - Staurosira cf. pinnata, S.pse - Staurosira pseudoconstruens, C. sp1 – Cymbella sp 1, N. sp1 - Nitzschia sp 1, N.sor - Nitzschia cf. soratensis og N.cos - Nitzschia cf. costei. Aðrar teg. - eru samansafn af þeim tegundum sem náðu í mesta lagi 2% hlutfalli. Þar sem „cf.“ er ritað á milli ættkvíslar- og tegundaheitis merkir að tegundargreining þarfnast staðfestingar.

Tafla 5. Uppreiknaður þéttleiki kísilþörunga (fjöldi á cm^2), fjöldi tegunda og tegundahópa sem greint var til (viðauki 2), Shannon fjölbreytileikastuðull (H') og Pielou jafndreifnistuðull (J').

	Þéttleiki kísilþörunga (fjöldi cm^{-2})	Fjöldi tegunda og -hópa	Shannon fjölbreytileiki (H')	Pielou jafndreifni (J')
Gerðistjörn	27.144.449	21	3,08	0,70
Brunntjörnin	40.742.650	23	2,58	0,57
Straumstjarnir	29.038.604	20	1,45	0,34
Brunntjörn	101.135.926	18	2,48	0,60

4.3 Svifdýr

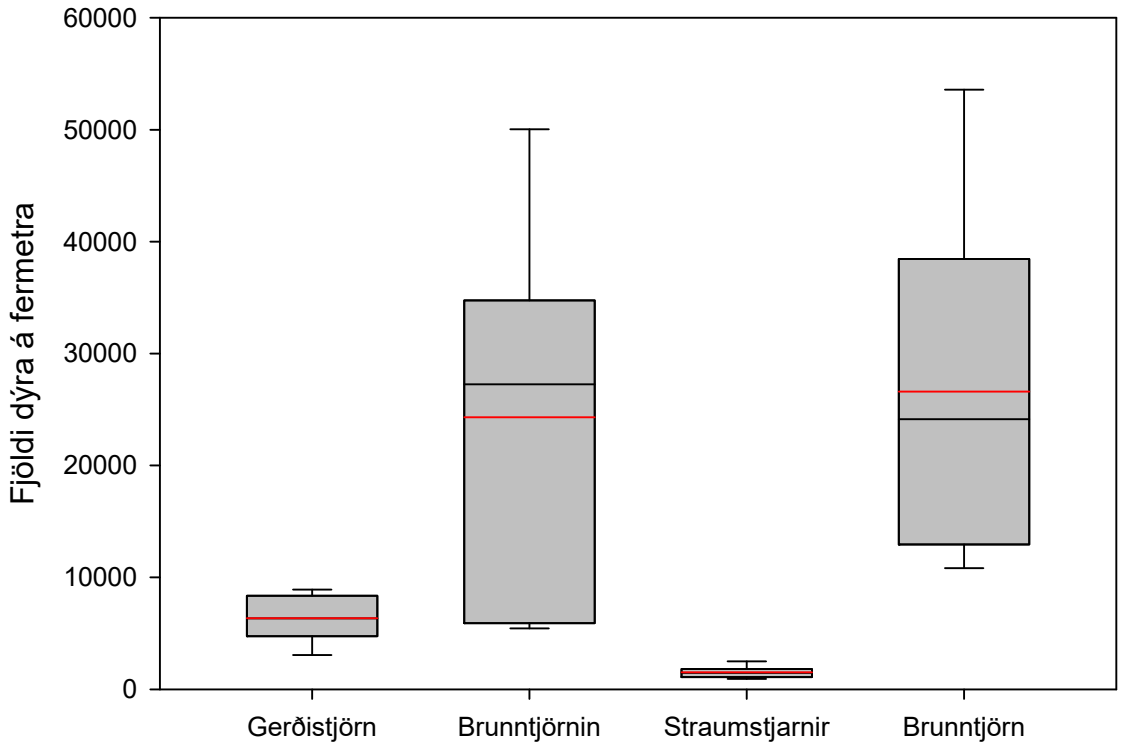
Sýnataka á sviflægum krabbadýrum sem safnað var með netháfi í tjörnunum í Straumsvík var ómagnbundin og því aðeins skoðað hvaða tegundir var þar að finna en ekki metinn þéttleiki þeirra. Alls fundust átta tegundir eða hópar krabbadýra (Crustacea) með þessari sýnatökuaðferð en eindregnar sviflægar tegundir fundust aðeins í Straumstjörnum. Þar voru ríkjandi tegundir krabbadýra sem finnast í söltu vatni. Krabbadýr sem veiddust í hinum tjörnunum þremur lifa gjarnan við botn eða í gróðri vatna en geta nýtt sér bæði búsvæði, þ.e. á botni og í vatnsbol. Lirfustig árfætlna (Copepoda) fundust í öllum tjörnunum fjórum en af fullorðnum dýrum fundust tegundir sem tilheyra hópi Harpacticoida og Calanoida í Straumstjörnum en í Gerðistjörn tegund sem tilheyrir hópi Cyclopoida. Skelkrabbar (Ostracoda) fundust í Gerðistjörn og Brunntjörninni en af vatnaflóm (Cladocera) fannst kúlufló (*Chydorus* sp.) í Brunntjörninni og Straumstjörnum, broddfló (*Macrothrix hirsuticornis*) í Gerðistjörn og mánafló af tegundinni *Alona quadrangularis* í Brunntjörninni. Í Straumstjörnum fannst sjávarflóin *Evadne nordmanni*.

Auk krabbadýranna fundust botnlægir hryggleysingjar eins og ánar (Oligochaeta), bessadýr (Tardigrada), mítlar (Acarina), vorflugulirfa (Trichoptera), rykmýslirfur (Chironomidae) og stökkmor (Collembola).

4.4 Botnlægir hryggleysingjar

4.4.1 Fjörubelti

Mikill munur var á þéttleika hryggleysingja í fjörubelti tjarnanna fjögurra við Straumsvík. Lægstur var hann í Straumstjörnum og Gerðistjörn (1.516 og 6.350 einstaklingar á fermetra), en þéttleiki dýra í fjörubelti Brunntjarnarinnar og Brunntjarnar var á bilinu 24 og 26 þúsund einstaklingar á fermetra (Mynd 8). Enn fremur var mikill breytileiki á milli einstakra sýna, einkum í Brunntjörninni, þar sem munur á hæstu og lægstu gildum var rúmlega nífaldur. Munur milli einstakra sýna var töluvert minni í hinum tjörnunum eða á bilinu 2,6 til 4,9 faldur munur (Tafla 6).



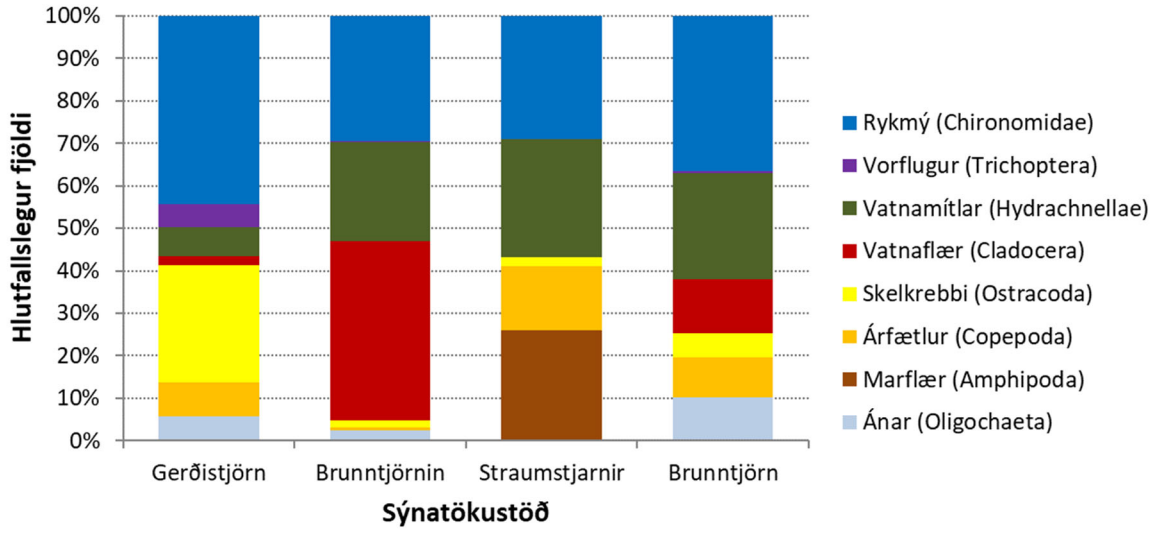
Mynd 8. Fjöldi hryggleysingja í fjöru fjögurra tjarna við Straumsvík, 3. og 6. júlí 2020. Miðgildi mælinga er sýnt innan í hverjum kassa með svartri línu, meðaltal mælinga er sýnt með rauðri láréttri línu í hverjum kassa. Lóðrétt lína sýnir hvar neðri (5%) og efri (95%) mörk mælinga. Efri mörk hvers kassa sýna hvar efri 75% og neðri 25% mörk mælinga liggja.

Fjölbreytileiki hryggleysingja í fjörubelti tjarnanna var mjög svipaður á milli tjarna, 21–23 tegundir/hópar, nema í Straumstjörnunum þar sem fjöldi tegunda/hópa var aðeins 9 (Tafla 6). Örlítið önnur mynd fæst þegar fjölbreytileikastuðlar (Shannon) eru skoðaðir. Í megin dráttum var mikil samsvörun á milli fjölda tegunda/hópa og Shannon fjölbreytileika að því undanskildu að Shannon fjölbreytileiki var lágur í Brunntjörninni og einnig í Straumstjörnum (1,67 og 1,65). Á hinn bóginn var Shannon fjölbreytileiki mun hærri í Gerðistjörn (2,33) og sömuleiðis í Brunntjörn (2,23). Þriðja nálgunin til að meta fjölbreytileika í mismunandi tjörnum er mæling á hversu jöfn dreifing er á hlutföllum einstakra tegunda/hópa í viðkomandi tjörn sk. jafndreifni (e: evenness). Mæligildin í kvarðanum eru á bilinu 0 og 1, þar sem 0 vísar til þess að mjög ójöfn dreifing er á hlutföllum einstakra tegunda/hópa og 1 merkir að hlutföllin eru jöfn. Lægsta gildið var í Brunntjörninni (Tafla 6), þar sem tæplega 65% allra einstaklinga sem fundust í fjörunni heyrðu til þriggja tegund/hópa. Í hinum tjörnunum þremur var dreifingin mun jafnari með jafndreifni stuðul á bilinu 0,71 og 0,75 (Tafla 6).

Tafla 6. Meðalfjöldi hryggleysingja á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020. Einnig eru sýnd staðalfrávik frá meðaltölunum, lágmarks- og hámarksgildi, fjöldi tegunda/hópa, Shannon fjölbreytni og Pielou jafndreifni. N=fjöldi sýna.

Fjara	Fjöldi dýra á fermetra						
	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Fj. teg/hópa	Shannon	Pielou
	N: 6					fjölbreytileiki (H')	jafndreifni (J')
Gerðistjörn	6.350	2.099	3.056	8.901	22	2,33	0,75
Brunntjörnin	24.292	16.726	5.435	50.054	21	1,67	0,55
Straumstjarnir	1.516	537	941	2.495	9	1,65	0,75
Brunntjörn	26.620	15.868	10.824	53.584	23	2,23	0,71

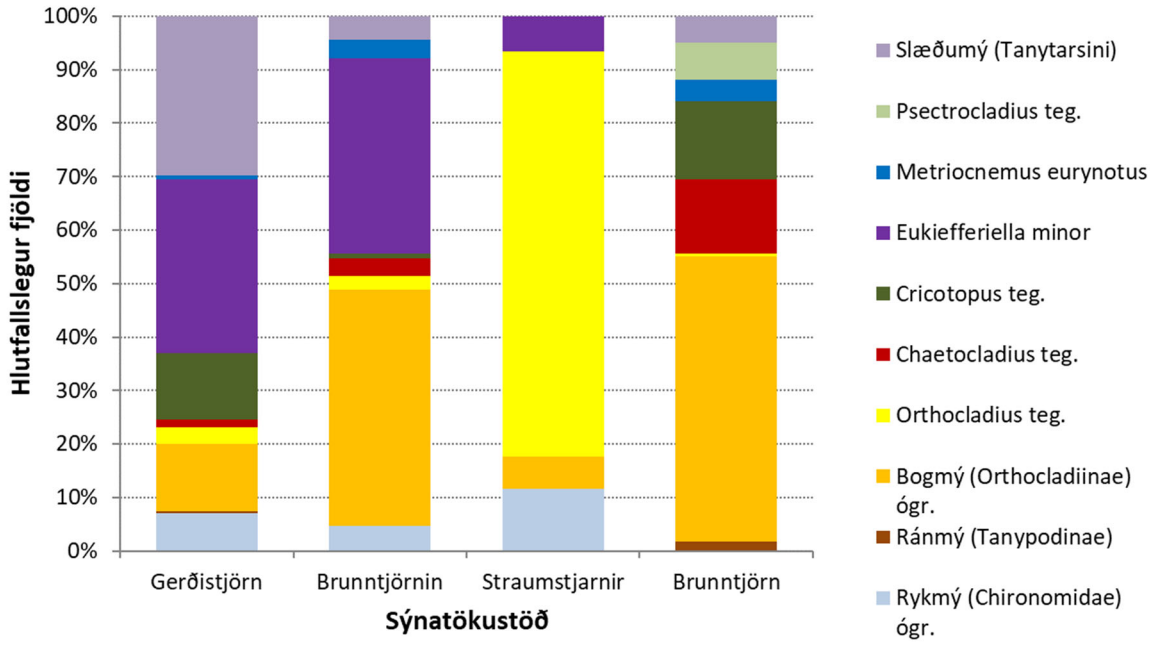
Töluverður munur var einnig á hlutfalli einstakra dýrahópa á milli tjarna. Í Gerðistjörn voru lirfur rykmýs ríkjandi ásamt skelkröbbum (Ostracoda). Rykmý var einnig áberandi í Brunntjörninni þar sem vatnaflær voru annars ríkjandi. Í Brunntjörn voru lirfur rykmýsins ríkjandi ásamt vatnamítlum. Straumstjarnir skáru sig frá hinum tjörnunum þremur af því leyti að þar voru marflær, ásamt rykmýi og vatnamítlum ríkjandi með samtals 82,7% af heildarfjölda allra hryggleysingja í fjöru (Mynd 9).



Mynd 9. Hlutfallslegur fjöldi botnlægra hryggleysingja á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020.

Lirfur rykmýs voru í flestum tilfellum ríkjandi meðal hryggleysingja í tjörnunum og sé fjöldi tegunda/hópa þess skoðaður nánar má sjá að töluverður munur var á hlutfalli þeirra á milli tjarna (Mynd 10). Í Gerðistjörn var bogmýstegundin (Orthocladiinae) *Eukiefferiella minor* ríkjandi ásamt slæðumýstegundum (Tanytarsini). Í Brunntjörninni voru bogmýstegundir (Orthocladiinae) ásamt

E. minor ríkjandi og svipaða sögu má segja um Brunntjörn, en þar voru bogmýstegundir (Orthocladiinae) ríkjandi. Í Straumstjörnunum var hlutfall einstakra tegunda/hópa rykmýs mun einsleitara, en þar var bogmýsættkvíslin *Orthocladius* ríkjandi meðal rykmýsins. Fjöldi tegunda/hópa rykmýs í fjörubelti tjarnanna var mjög líkur á milli tjarna (11–13), nema í Straumstjörnum þar sem 4 tegundir/hópar fundust. Shannon fjölbreytileikastuðll tjarnanna endurspeglar þessar niðurstöður, en hann var mun lægri í Straumstjörnum (0,8) en í hinum tjörnunum (1,45–1,84).



Mynd 10. Hlutfallslegur fjöldi rykmýstegunda/hópa á fjörugrjóti í tjörnum við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020.

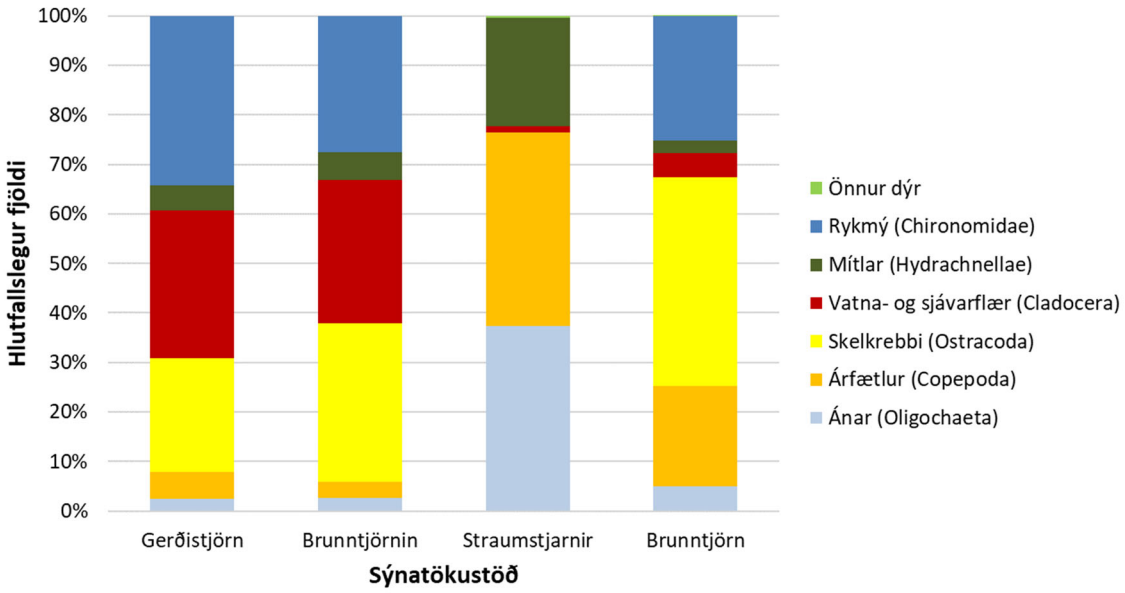
4.4.2 Mjúkbotn

Þéttleiki hryggleysingja í leðju (á mjúkbotni) var mjög mismunandi á milli tjarna, en endurspeglaði svipað mynstur og sást fyrir þéttleika hryggleysingja í fjörubeltinu. Þannig var þéttleikinn hæstur í Brunntjörninni og Brunntjörn, en mun lægri í hinum tveimur (Tafla 7). Líkt og í fjörunni var í sumum tilfellum mjög mikill breytileiki á milli einstakra sýna. Munurinn var tæplega áttfaldur í Straumstjörnum en 1,5–3,5 faldur í hinum tjörnunum (Tafla 7). Fjöldi tegunda/hópa var langlægstur í Straumstjörnunum (8) en 16–17 í hinum tjörnunum. Shannon fjölbreytileiki var lægstur í Straumstjörnum, en töluvert hærri í hinum þremur tjörnunum og hæstur var fjölbreytileikastuðullinn í Gerðistjörn (2,17). Dreifing gagnanna var hæst í Gerðistjörn (0,78) en nokkru lægri í hinum tjörnunum þremur á bilinu 0,58 og 0,64 (Tafla 7).

Tafla 7. Meðalfjöldi hryggleysingja á mjúkbotni í tjörnum við Straumsvík 20. ágúst 2020. Einnig eru sýnd staðalfrávik frá meðaltölunum, lágmarks- og hámarksgildi, fjöldi tegunda/hópa, Shannon fjölbreytileiki og Pielou jafndreifni. Fjöldi sýna sem unnið var úr eru sýndur í svigum aftan við örnefnin.

Mjúkbotn	Fjöldi dýra á fermetra						
	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Fj. teg/hópa	Shannon fjölbreytileiki (H')	Pielou jafndreifni (J')
Gerðistjörn (3)	7.042	1.527	5.282	8.011	16	2,17	0,78
Brunntjörnin (3)	11.644	3.941	9.052	16.179	16	1,78	0,64
Straumstjarnir (5)	2.505	1.276	432	3.377	8	1,21	0,58
Brunntjörn (3)	10.236	5.502	3.888	13.627	17	1,75	0,62

Töluverður munur var einnig á hlutfalli einstakra dýrahópa á milli tjarna. Í Gerðistjörn voru lirfur rykmýs ríkjandi (34,2%) ásamt krabbadýrunum skelkrebbi (23%) og vatnaflær (29,8%). Svipað mynstur sást í hlutfalli einstakra dýrahópa í Brunntjörninni (Mynd 11). Í Straumstjörnum voru hins vegar ríkjandi liðormar (ánar) og krabbadýr sem tilheyra árfætlum. Í Brunntjörn var hlutfall ríkjandi dýrahópa líkt því sem sást í Gerðistjörn og Brunntjörninni að öðru leyti en því að í stað vatnaflóa voru árfætlur í hópi ríkjandi dýrahópa (Mynd 11).



Mynd 11. Hlutfallslegur fjöldi hryggleysingja á mjúkbotni í tjörnum við Straumsvík 20. ágúst 2020.

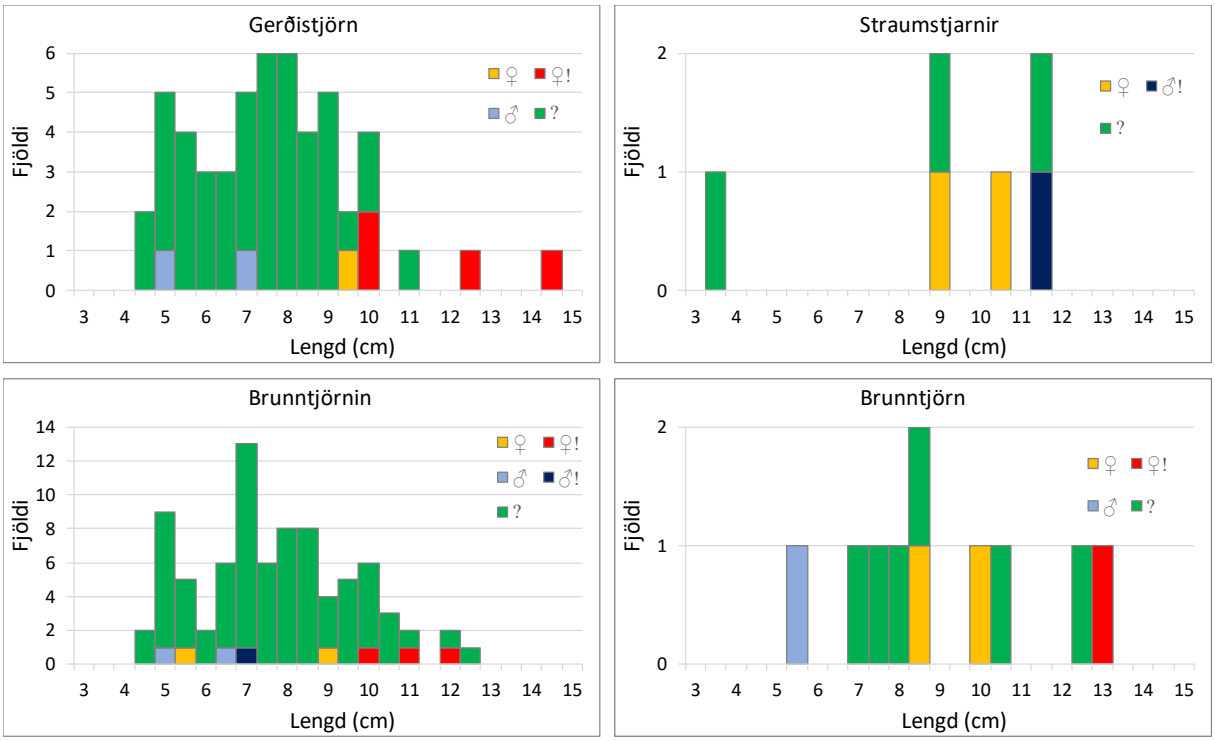
4.5 Fiskur

Fiski var safnað með rafveiðum í Gerðistjörn, Brunntjörninni, Straumstjörnum og Brunntjörn 30. september 2020. Alls var veitt af 22,5–47,6 m^2 í hverri tjörn (Tafla 8). Dvergbleikjur veiddust í rafveiðum í öllum tjörnunum, en engar aðrar tegundir fiska veiddust. Vísitala þéttleika var lægst í Brunntjörn eða 21 fiskur á 100 fermetra, en hæst í Brunntjörninni 312,4 (Tafla 8). Stærð bleikjanna var frá 3,6 til 14,5 cm (Mynd 12) og 0,4 til 34,4 g að þyngd. Meðallengd var lægst í Gerðistjörn 7,6 cm, en mest í Straumstjörnum eða 9,2 cm. Holdastuðull var frá 1,04 til 1,12 (Tafla 8). Bleikjurnar voru nokkuð hnappdreifðar á veiðisvæðunum, þ.e. engar bleikjur veiddust á hluta svæðanna þar sem búsvæði voru síðri, en þar sem um var að ræða grófari hraunbotn með inn- og/eða útstreymi gat þéttleiki þeirra verið mikill.

Tafla 8. Upplýsingar um veiði og stærð veiðisvæða. Í töflunni eru upplýsingar um flatarmál svæða sem veitt var á með rafmagni í fjöru, fjöldi bleikja sem veiddust og uppreiknaður fjöldi bleikja á 100 fermetra. Auk þess eru sýnd meðaltalsgildi fyrir lengd og holdastuðul, auk staðalfráviks, allra fiska sem veiddust í hverri tjörn þann 30. september 2020.

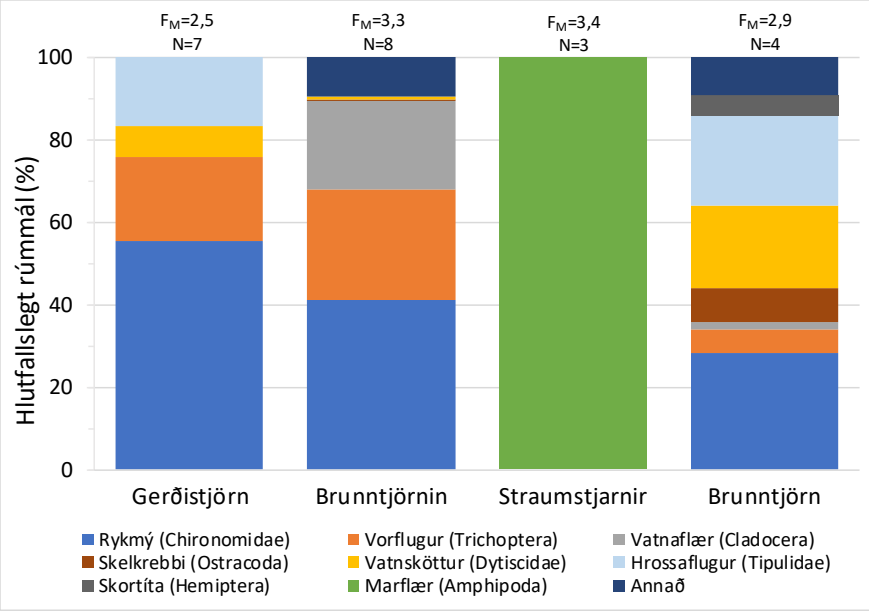
	Svæði	Fjöldi	Fj. á	Lengd		Holdastuðull	
Staður	**(m^2)**	**bleikja**	**100 m^2**	**meðalt.**	**stfrv**	**meðalt.**	**stfrv**
Gerðistjörn	31,5	52	165,1	7,6	2,06	1,04	0,09
Brunntjörnin	26,3	82	312,4	7,7	1,89	1,06	0,08
Straumstjarnir	22,5	6	26,7	9,2	3,00	1,10	0,13
Brunntjörn	47,6	10	21,0	9,1	2,27	1,12	0,06

Erfitt var að aldursgreina sumar bleikjurnar vegna þess hversu óskýr skil voru milli vetrar- og sumarvaxtar í kvörnum, en þær sem var hægt að aldursgreina voru frá vorgömlum til fimm ára. Af þeim 22 bleikjum sem sýni voru tekin af, voru 10 að nálgast hrygningu þegar sýnasöfnun fór fram. Ekki er þó hægt að segja til um hvort einhverjar þeirra hafi hugsanleg hrygnt áður. Minnsta hrygnan sem komin var að hrygningu var 9,8 cm og minnsti hængurinn 7,1 cm (Mynd 12).



Mynd 12. Lengdardreifing dvergbleikju í fjórum tjörnum við Straumsvík þann 30. september 2020, skipt eftir kyni (hængur:♂, hrygna:♀) og hvort fiskarnir voru komnir að hrygningu (!). Athugið að kvarðarnir á lóðréttu ásunum eru mismunandi á milli súlurita.

Allar bleikjurnar sem teknar voru til sýnatöku voru með fæðu í maga og var meðalmagafylli frá 2,5 til 3,4. Fæðan var fjölbreyttust í Brunntjörn en einsleitust í Straumstjörnum þar sem eingöngu fundust marflær í mögum. Marflær fundust ekki í mögum bleikja á öðrum veiðistöðum. Lirfur og púpur rykmýs og vorflugulirfur voru algengar fæðutegundir, en einnig fundust t.d. vatnaflær, hrossaflugulirfur og vatnskettir (Mynd 13).



Mynd 13. Hlutfallslegt rúmmál mismunandi fæðuhópa í maga bleikja eftir veiðistöðum 30. september 2020. Einnig er gefin meðal magafylli (F_M) og fjöldi magasýna (N) á hverjum veiðistað.

Engin hornsíli veiddust í hornsílagildrurnar, en á hinn bóginn veiddust smávaxnar bleikjur í þær í öllum tjörnunum (Tafla 9). Auk þess veiddust vorflugulirfur sem voru í gildrunum í öllum tjörnunum nema Straumstjörnum. Allar tilheyrðu þær tegundinni *Limnephilus affinis*.

Tafla 9. Fjöldi, lengd og þyngd bleikju sem veiddust í hornsílagildrur 30. september til 1. október 2020 í tjörnum við Straumsvík.

	Gerðistjörn		Brunntjörnin		Straumstjarnir		Brunntjörn	
Tegund	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd	Lengd	Þyngd
	(cm)	(g)	(cm)	(g)	(cm)	(g)	(cm)	(g)
Bleikja	7,9	4,3	7,0	3,2	9,4	7,8	9,9	11,1
Bleikja	8,5	6,1					10,5	12,2
Bleikja	7,8	4,7						
Bleikja	7,5	4						
Bleikja	7,7	4,4						
Bleikja	7,5	3,8						
Bleikja	6,3	2,2						
Bleikja	11,2	13,2						
Bleikja	6,9	3,1						

5. Umræða

Niðurstöður mælinga á eðlis- og efnafræðilegum eiginleikum vatnsins endurspegla uppruna vatnsins í grunnvatni sem streymir um lekt hraunið sem einkennir rannsóknarsvæðið. Mælingar á pH og leiðni eru sambærilegar og búast má við á lindarvatnssvæðum á ungu bergi á Íslandi (t.d. Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2020). Efnastyrkur var svipaður á milli tjarnanna, utan þess sem greinilegt var að innstreymi sjávar hefur mikil áhrif á Straumstjarnir á flóði. Heildarstyrkur aðalefna (TDS) er sambærilegur í öllum tjarnarsýnunum, fyrir utan það sem tekið var á flóði í Straumstjörnum. Þar var styrkur sjávarættaðra efna hærri (Na, Cl, K, Mg, SO_4, Sr og B). Styrkur snefilefna benda til þess að vatnið sem streymir í lindirnar sé ómengað og fellur styrkur þess í flokk I miðað við reglugerð um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999 (Tafla 4). Styrkur Cr í öllum sýnunum fellur í flokk II samkvæmt sömu reglugerð sem endurspeglar málmastyrk sem ólíklegt er að hafi neikvæð áhrif á lífríki. Það hefur verið sýnt fram á að styrkur króms í fersku grunnvatni á Íslandi er fremur hár. Það stafar líklega af því hve málmríkur basalt berggrunnurinn er hér á landi, auk þess sem hann er auðleystur miðað við margt annað berg. Styrkur króms í Silfru á Þingvöllum er t.d. 2–3 sinnum hærri en í tjörnunum við Straumsvík (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2019) og styrkur króms í Hvítá í Borgarfirði er um 30% hærri (Eydís Salome Eiríksdóttir o.fl. 2011).

Ljóstillífandi lífverur, frumframleiðendur, þarfnast sólarljóss og næringarefna til vaxtar og viðhalds. Næringarefni sem þurfa að vera til staðar í miklu magni auk kolefnis eru köfnunarefni (N) og fosfór (P) og kísill (Si), þegar um kísilþörunga er að ræða. Styrkur fosfórs í tjörnunum er hlutfallslega hærri en styrkur köfnunarefnis miðað við þörf ljóstillífandi lífvera (Redfield 1958). Það bendir til þess að ljóstillífun sé takmörkuð af köfnunarefni og að köfnunarefni gangi fyrr til þurrðar í vatninu en fosfór. Algengara er að frumframleiðni sé takmörkuð af köfnunarefni en af fosfór í íslensku ferskvatni. Það er öfugt við það sem sést í ferskvatni erlendis þar sem efnaskipti á milli vatns og bergs eru hægari. Algengt er að hækkaður fosfórstyrkur í ferskvatni erlendis sé tilkominn vegna mengunar t.d. vegna losunar skolps eða afrennslis frá landbúnaðarsvæðum. Hár fosfórstyrkur í ferskvatni hér á landi er hins vegar náttúrulegur í langflestum tilvikum.

Heildarstyrkur lífræns kolefnis í vatni tjarnanna (TOC) var undir greiningamörkum í Straumstjörnum og Brunntjörninni. Styrkur þess var lágur en í mælanlegu magni í Gerðistjörn (0,33 mg/l) og í Brunntjörn (0,83 mg/l). Heildarstyrkur lífræns efnis endurspeglar þá frumframleiðni sem er í vatninu en getur einnig bent til lífrænnar mengunar. Styrkur lífræns kolefnis var hæstur í þeim tjörnum þar sem styrkur nítrats var lægstur og styrkur lífræns köfnunarefnis hæstur (tafla 3). Það bendir til þess að frumframleiðni þörunga sé meiri í

Gerðistjörn og Brunntjörn en í Straumstjörnum og Brunntjörninni. Ljósmyndir sem teknar voru af Brunntjörn, bæði úr lofti og undir vatnsyfirborði vatnsins, sýnir töluvert þykka mottu þörunga á botni tjarnarinnar (Mynd 4).

Bæði mælingar með blaðgrænumæli og skoðun á ferskum þörungasýnum í smásjá sýndu að grænþörungar sáust ekki í sýnum af fjörusteinum úr Straumstjörnum ólíkt því sem sást í hinum tjörnunum þremur. Hlutfall blábaktería var hæst í Brunntjörninni og hlutfall kísilþörunga var metið hæst á fjörusteinum í Straumstjörnum. Mælt magn blaðgrænu á botni í Straumstjörnum var ekki í samræmi við uppreiknaðan fjölda kísilþörunga, en að öðru leyti var nokkuð gott samræmi á milli mælinga á magni blaðgrænu og fjölda kísilþörunga í hinum tjörnunum. Uppreiknaður fjöldi kísilþörunga á fersentimetra var mestur í Brunntjörn og mesta magn blaðgrænu mældist líka þar, en þar fundust hins vegar fæstar tegundir kísilþörunga. Almenn smásjárskoðun á þörungum sýndi að tjarnirnar þrjár Gerðistjörn, Brunntjörnin og Brunntjörn voru með líka þörungaflóru. Þó hafði hver tjörn sín einkenni. Til dæmis fannst ein stórvaxin kísilþörungategund af ættkvíslinni *Pinnularia* helst í Brunntjörn og nokkrar stórvaxnar tegundir af ættkvíslinni *Cymbella* voru algengastar í Gerðistjörn en voru líka til staðar í hinum tveimur tjörnunum. En þessar kísilþörungategundir sáust ekki í Straumstjörnum. Algengustu kísilþörungategundir í tjörnunum þremur Gerðistjörn, Brunntjörninni og Brunntjörn voru nokkurn veginn þær sömu. Í Brunntjörn sáust þó ekki tegundirnar *Fragilaria* cf. *vaucheriae* og *Pseudostaurosira brevistriata*, sem voru með algengustu tegundum í Gerðistjörn og Brunntjörninni. Af tjörnunum fjórum áttu Gerðistjörn og Brunntjörnin flestar tegundir og tegundahópa sameiginlegar og Straumstjarnir og Brunntjörn áttu fæstar sameiginlegar. Tegundasamsetning kísilþörunga á fjörugrjóti í Straumstjörnum var nokkuð frábrugðin því sem fannst í hinum tjörnunum. Ein tegund kísilþörunga af *Nitzschia* ættkvísl var þar lang algengust. Af öðrum tegundum sem fundust í Straumstjörnum voru áberandi tegundir kísilþörunga sem gjarnan finnast í ísöltu vatni eins og *Ctenophora pulchella*, *Navicula bottnica*, *Navicula salinicola* og *Nitzschia thermaloides*.

Það sem helst einkenndi krabbadýrafánu ferskvatnstjarnanna í Straumsvík var lítið af eiginlegum sviflægum tegundum krabbadýra og fundust til að mynda allar tegundir sem safnað var úr vatnsbol jafnframt í fjörubelti tjarnanna eða á leðjubotni. Í grunnum vötnum og tjörnum eru jafnan algengari krabbadýrategundir sem kjósa að halda sig við bakka og á botnföstum gróðri eða á botni. Ekki er heldur ólíklegt að þær sérstöku umhverfisaðstæður sem í tjörnunum eru, þ.e. ör vatnskipti vegna mikils grunnvatnsrennslis og áhrifa sjávar, henti mun betur slíkum samfélögum

krabbadýra. Í Straumstjörnum einkenndist krabbadýrafánan hins vegar af tegundum sem finnast í söltu vatni og fundust þar bæði sviflægar og botnlægar tegundir krabbadýra.

Botnlægum hryggleysingjum var safnað úr tveimur búsvæðum, fjörubelti og af leðjubotni. Þetta eru algengustu búsvæði hryggleysingja á botni auk þess sem þeir finnast í vatnagróðri. Til að fá sem bestar upplýsingar um botnlægu hryggleysingjafánu tjarnanna var því miðað við að sýni væru tekin á tveimur af framangreindum búsvæðum. Það getur verið nokkuð mismunandi hvaða dýr helga sér mismunandi búsvæði, eins og á við um lífverur almennt.

Í fjörubelti tjarna og stöðuvatna er oft að finna dýr sem aðlöguð eru að ölduróti og festa sig því kyrfilega við undirlagið. Hryggleysingjar sem að jafnaði finnast á leðjubotni eru oftast niðurgrafin í botnsetið s.s. liðormar, mýlirfur og samlokur eða lifa á setyfirborði s.s. ýmis krabbadýr. Þéttleiki og fjölbreytileiki hryggleysingja í þessum tveimur gerðum búsvæða getur verið nokkuð mismunandi þannig að í fjörubeltinu er oftast meiri þéttleiki og meiri fjölbreytileiki en á mjúkbotni (sjá t.d. Lindegaard 1992, Wetzel 2001, Moss 2018). Í tjörnunum við Straumsvík var þéttleiki dýra svipaður í þessum tveimur búsvæðum í Gerðistjörn (fjara: 6.350 og mjúkbotn: 7.042 einstaklingar m^{-2}) og Straumstjörnum (fjara:1.516 og mjúkbotn: 2.505 einstaklingar m^{-2}). Munurinn á þéttleika botndýra á milli búsvæða í hinum tveimur tjörnunum var hins vegar mun meiri, þar sem þéttleiki hryggleysingja í fjöru var 2–3 sinnum meiri en á mjúkbotni.

Í öllum tjörnunum fundust fleiri tegundir/tegundahópar hryggleysingja í fjörubeltinu en á mjúkbotni. Munurinn var sá að á leðjubotni voru á bilinu 1 til 6 tegundum/tegundahópum færri en í fjörubeltinu. Niðurstöður útreikninga á Shannon fjölbreytileikastuðlum endurspegluðu það mynstur sem sást við útreikninga á fjölda tegunda/hópa, nema hvað þar skar Brunntjörnin sig frá að því leyti að þar voru álíka margar tegundir/hópar og í Gerðistjörn og Brunntjörn en Shannon fjölbreytileiki var álíka lágur þar og í Straumstjörnum. Þetta bendir til þess að ein eða fáar tegundir sem fundust í Brunntjörninni hafi verið ríkjandi í þessum tveimur gerðum búsvæða. Við nánari skoðun kom í ljós að svo var, þannig tilheyrðu 3 af 21 tegund/hópi hryggleysingja í fjörubelti samtals 65% af heildarfjölda einstaklinga og á mjúkbotni voru 3 tegundir/hópar með samtals 79% af heildarfjölda einstaklinga. Svipaða sögu má segja um Straumstjarnirnar, þar sem hlutur þriggja ríkjandi tegunda/hópa var 69% (fjara) og 97% (mjúkbotn).

Þessar niðurstöður á mun milli tjarna endurspeglast enn fremur við útreikninga á hver dreifing er á hlutfalli einstakra tegunda/hópa í mismunandi búsvæðum. Þar er jafndreifnin (e: evenness) hæst í Gerðistjörn og Brunntjörn, en mun lægri í Brunntjörninni á báðum búsvæðum og einnig lág í Straumstjörnum á mjúkbotni. Þessar niðurstöður eru að mestu leyti í takt við það sem

almennt hefur verið lýst fyrir samfélög botnlægra hryggleysingja í þessum tveimur búsvæðagerðum (sjá t.d. Lindegaard 1992, Wetzel 2001, Moss 2018).

Á heildina skera Straumstjarnirnar sig frá hinum hvað varðar þéttleika og fjölbreytileika fánunnar, sem kann að skýrast af því að þar gætir áhrifa seltu sem gætir ekki í hinum tjörnunum. Líklegt er að áhrif sjávarfalla hafi mjög mótandi áhrif á þau samfélög og þær tegundir hryggleysingja sem finnast í tjörnunum. Þéttleiki botnlægra hryggleysingja var ekkert sérlega mikill nema í fjörubeltinu í Brunntjörninni og Brunntjörn. Hafa ber í huga að lítið er um heimildir til samanburðar þar sem þau dýra- og jurtasamfélög sem þróast hafa í tjörnum við Straumsvík, þar sem flóðs og fjöru gætir í ferskvatnsvistkerfi eru einstakar. Líkt má segja um fjölbreytileika hryggleysingjafánunnar að því leyti að þar er ekki að finna margar tegundir/tegundahópa en engu að síður er fjölbreytileiki reiknaður með Shannon stuðli frekar hár, a.m.k. í tveimur tjarnanna. Samfélög botnlægra hryggleysingja einkenndust öðru fremur af ýmsum tegundum rykmýs og krabbadýra auk vatnamítla í fjörubeltinu. Samsetning fánunnar var aðeins öðruvísi í Straumstjörnum, þar sem marfló var ein af ríkjandi tegundum, sem endurspeglar áhrif seltu. Á leðjubotni tjarnanna var hins vegar mun meira af hryggleysingjum sem grafa sig í botnsetið s.s. liðormar, lirfur slæðumýsins og krabbadýr sem grafa sig niður í setið s.s. skelkrebbi.

Dvergbleikju er að finna víða á landinu, bæði á láglendi og hálendi, ekki síst á yngri berggrunni. Búsvæði hennar eru fjölbreytt, s.s. hvað varðar vatnshita og hún getur lifað við hátt sýrustig (Bjarni K. Kristjánsson o.fl. 2014). Aðstæður fyrir dvergbleikju eru því að mörgu leyti hagstæð á Straumsvíkursvæðinu og eru niðurstöður rannsókna á útbreiðslu fiska í tjörnum og fjörusvæði þar í þessari rannsókn í góðu samræmi við fyrri rannsóknir (Jóhannes Sturlaugsson o.fl. 1998). Af fæðuvali bleikjanna má glöggt sjá hvernig þær geta nýtt sér fæðu sem bæði er af hafrænum toga og úr fersku vatni. Þannig var bleikjan í Straumstjörnum eingöngu að éta marflær. Hins vegar fundust ekki í þessari rannsókn marflær í maga bleikju sem veiddist í Gerðistjörn, en bleikjur sem veiddust þar 1995 höfðu étið marflær. Hugsanlegt er að breytileiki sé í því hvort og í hvaða magni marflær berast úr sjó inn í tjörnina, en í rannsókninni 1995 kom fram að marflær hefðu sést í tjörninni við rannsóknir þar. Ekki sáust marflær þar nú eða komu fram í öðrum sýnum sem þar voru tekin. Þessi nýting dvergbleikjunnar á fæðu bæði af hafrænum toga og úr fersku vatni við þessar aðstæður verður að teljast mjög áhugaverð og undirstrika enn frekar aðlögunarhæfni tegundarinnar.

Bleikjurnar virtust vera hnappdreifðar á öllum rannsóknastöðum. Þær var að finna þar sem var hraunbotn með sprungum og glufum og ekki var set á botni, sem virðist tengjast ýmist

lindarrennsli eða út- og innrennsli ferskvatns tengt sjávarföllum. Á öðrum svæðum þar sem straums gætti lítið og grot og leir var á botni, veiddust ekki bleikjur.

Ferskvatnslindir og þau búsvæði og vistkerfi sem þar er að finna eru um margt mjög sérstök. Þó vatnshiti sé að jafnaði frekar lágur, er umhverfið tiltölulega stöðugt. Hvað ferskvatnsfiska varðar, skapast þar umhverfi (vist) sem bleikja getur nýtt sér.

6. Samantekt

Í þessari skýrslu er fjallað um niðurstöður á rannsóknum á lífríki og eðlisefnafræðilegum þáttum sem gerðar voru sumarið 2020 í tjörnum við Straumsvík. Um er að ræða fjórar tjarnir; Gerðistjörn, Brunntjörnin, Brunntjörn og Straumstjarnir. Fyrstu þrjár tjarnirnar eru ferskvatnstjarnir, en Straumstjarnir eru innst í Straumsvíkurfjöru og fellur sjór þangað inn á flóði. Skýrslan er unnin fyrir Vegagerðina vegna fyrirhugaðrar breikkunar á Reykjanesbraut og eru tjarnirnar inni á áhrifasvæði vegarins. Tjarnirnar, sem eru á Náttúruminjaskrá, eru mjög sérstæðar þar sem þær eru staðsettar á hripleku hrauni þar sem grunnvatnsborð sker yfirborð landsins. Vatnsborð tjarnanna er undir miklum áhrifum af sjávarföllum, þar sem sjór streymir inn í hraunið á flóði og heldur á móti útrennsli grunnvatnsins þannig að vatnsborð tjarnanna hækkar. Eðlisefnafræðilegir þættir í vatni tjarnanna við Straumvík endurspegla uppruna vatnsins í ferskvatnslindum sem renna um gropin hraunin sem einkenna rannsóknasvæðið. Þó eru greinileg áhrif af sjávarseltu í Straumstjörnum. Efnasamsetning vatns í tjörnunum sem rannsóknin beindist að benda til þess að það sé ómengað með tilliti til málma og næringarefna. Þó er styrkur Cr og PO_4 nokkuð hár í vatninu en ólíklegt er að hann sé það mikill að hann hafi neikvæð áhrif á lífríki tjarnanna. Hlutföll næringarefna benda til þess að frumframleiðni sé takmörkuð af köfnunarefni, sem hefur áhrif á það hvaða tegundir þörunga geta þrifist í tjörnunum.

Smásjárskoðun á þörungum og mæling á blaðgrænu sýndi að tjarnirnar þrjár, Gerðistjörn, Brunntjörnin og Brunntjörn, eru með líka þörungaflóru. Heildarstyrkur lífræns kolefnis var almennt lágur í öllum tjörnunum en hæstur í Brunntjörn, þar sem einnig mældist mesta magn blaðgrænu og mesti þéttleiki kísilþörunga. Þar fundust hins vegar fæstar tegundir kísilþörunga. Algengustu tegundir kísilþörunga voru að mestu þær sömu í Gerðistjörn, Brunntjörninni og Brunntjörn og flestar af þeim fundust einnig í Straumstjörnum, en þá í lágu hlutfalli. Tegundasamsetning kísilþörunga í Straumstjörnum einkenndist annars af einni ráðandi tegund af *Nitzschia* ættkvísl og nokkrum tegundum kísilþörunga sem gjarnan finnast í ísöltu vatni.

Alls fundust átta tegundir eða hópar krabbadýra í vatnsbol. Í ferskvatnstjörnunum einkenndist krabbadýrafánan af tegundum sem gjarnan lifa við botn, í gróðri eða við strendur vatna en allar þær tegundir sem safnað var úr vatnsbol tjarnanna fundust jafnframt í fjörubelti þeirra eða í leðjubotni. Í Straumstjörnum einkenndist krabbadýrafánan hins vegar af tegundum sem lifa í söltu vatni og fundust þar bæði sviflægar og botnlægar tegundir.

Samfélög botnlægra hryggleysingja einkenndust öðru fremur að ýmsum tegundum rykmýs, vatnamítlum og smáum krabbadýrategundum. Þéttleiki hryggleysingja var svipaður í fjörubelti og á leðjubotni í Gerðistjörn og Straumstjörnum. Munurinn var hins vegar talsverður í hinum

tveimur tjörnunum, allt að 2–3 sinnum meiri þéttleiki hryggleysingja var í fjörubeltinu en á mjúkbotni. Að jafnaði fundust fleiri tegundir/tegundahópar hryggleysingja í fjörubeltinu en á mjúkbotni. Í Brunntjörninni voru álíka margar tegundir/hópar og í Gerðistjörn og Brunntjörn, en Shannon fjölbreytileikinn var lágur. Þetta bendir til þess að ein eða fáar tegundir sem fundust í Brunntjörninni hafi verið ríkjandi í þessum tveimur gerðum búsvæða. Straumstjarnirnar skáru sig að mörgu leyti frá hinum hvað varðar þéttleika og fjölbreytileika fánunnar. Það kann að skýrast af því að þar gætir áhrifa seltu, en marfló var þar ein af ríkjandi tegundum.

Dvergbleikja veiddist í öllum tjörnunum, en engir aðrir fiskar. Vísitala þéttleika var lægst í Brunntjörn, en hæst í Brunntjörninni. Bleikjurnar voru frá 3,6 til 14,5 cm langar, en meðallengd var lægst í Gerðistjörn og mest í Straumstjörnum. Fiskarnir veiddust þar sem var grófur hraunbotn þar sem gætti straums, ýmist vegna ferskvatnslinda eða inn- og útstreymis ferskvatns tengt sjávarföllum, en ekki þar sem set þakti botninn. Allar bleikjurnar sem teknar voru til sýnatöku voru með fæðu í maga. Fæðan var fjölbreyttust í Brunntjörn en einsleitust í Straumstjörnum, en þar fundust eingöngu marflær í mögum. Marflær fundust ekki í mögum bleikja á öðrum veiðistöðum, en þar voru lirfur og púpur rykmýs og vorflugulirfur algengar fæðutegundir, en einnig fundust t.d. vatnaflær, hrossaflugulirfur og vatnskettir.

7. Lokaorð

Framkvæmdir við breikkun Reykjanesbrautar munu hafa í för með sér rask í nágrenni við tjarnirnar í Straumsvík. Nýjar akreinar verða byggðar upp sunnan við núverandi akveg og munu þær taka við umferð af Reykjanesi til austurs. Umferðin til vesturs, frá höfuðborgarsvæðinu út á Reykjanes, verður á þeim tveimur akreinum sem nú þegar eru til staðar, en nyrðri akrein þess vegar liggur að hluta til ofan í Brunntjörn og í flæðarmálinu í Straumstjörnum. Í tillögu að matsáætlun vegna mats á umhverfisáhrifum vegarins er gert ráð fyrir að gerður verði aðkomuvegur frá hringtorgi við álver að Straumi, norðan núverandi Reykjanesbrautar. Þessi tenging við Straum er hugsuð til bráðabirgða. Að öðru leyti er ekki er gert ráð fyrir að nýi vegakaflinn fari ofan í neina af tjörnunum. Þær eru samt sem áður innan skilgreinds áhrifasvæðis vegarins, bæði á meðan framkvæmdum stendur og eins eftir að þeim lýkur.

Núverandi Reykjanesbraut liggur mjög nærri fjöruborði Straumstjarna og ofan í fjörunni á kafla. Það er því ljóst að nýr aðkomuvegur að Straumi, norðan núverandi vegar, myndi skerða fjöru tjarnanna enn frekar. Náttúrufar í tjörnunum er um margt sérstakt eins og komið hefur fram, ekki síst vegna hraunsins þar og þess mikla magns ferskvatns sem streymir þar fram. Því skapast þar

sérstakt náttúrufar á mörkum ferskvatns og sjávar. Á þessum lindasvæðum hefur m.a. fundist smávaxið afbrigði bleikju (dvergbleikja), sem nýtir sér í senn umhverfi ferskvatns og sjávar (Jóhannes Sturlaugsson o.fl. 1998).

Mikilvægt er að koma í veg fyrir að fjörusvæði og tjarnir á þessu svæði verði fyrir raski vegna framkvæmdanna og að nýr vegur muni ekki þrengja að fjörusvæði Straumstjarna umfram það sem nú er. Mikilvægt er að skoðaðir verði hvaða möguleikar eru í stöðunni varðandi hönnun vegarins með það að markmiði að hlífa þessum sérstæðu fjörusvæðum, því mjög líklegt er að slíkt rask muni vera varanlegt þrátt fyrir að vegurinn sé hugsaður til bráðabirgða.

Mikilvægt er að gæta þess að framkvæmdirnar raski ekki grunnvatninu á svæðinu; magni þess, gæðum eða rennslisleiðum. Hugsanlegt er að áhrifa framkvæmdanna á grunnvatnsstreymi gæti meira norðan megin við veginn, á svæði Brunntjarnar og Straumstjarna, þar sem grunnvatnsstreymi á þessu svæði er frá suðri til norðurs. Röskun á grunnvatnsstreymi myndi þá hindra streymi grunnvatns til tjarnanna sem eru norðan við veginn. Ef svo illa vildi til að mengunarslys yrði, myndu mengunarefnin berast beint í grunnvatnið þar sem berggrunnurinn er svo lekur. Þaðan myndu þau berast með grunnvatnsstreyminu til Brunntjarnar og Straumstjarna.

Að framkvæmdum loknum mun umferðin minnka hlutfallslega, a.m.k. fyrst í stað, í nánasta umhverfi Brunntjarnar og Straumstjarna en færast nær Gerðistjörn og Brunntjörninni. Bílaumferð hefur í för með sér losun á ýmsum óæskilegum efnum út í umhverfið, s.s. málmum sem losna við slit bifreiða. Eins má búast við að selta tjarnanna gæti aukist vegna hálkuvarna á veturna, sem gæti haft áhrif á ferskvatnstjarnirnar þrjár. Auk þess hefur verið sýnt fram á að raflýsing hefur áhrif á lífverur, s.s. fiska. Ekki er þó ljóst hvort framkvæmdin mun hafa aukna raflýsingu í för með sér.

Eins og Agnar Ingólfsson bendir á í grein sinni í Náttúrufræðingnum (1998b) er ljóst að tjarnir sem þessar eiga ekki marga sína líka í veröldinni. Nú, líkt og þá, er brýnt að gæta ýtrustu varúðar við þær framkvæmdir sem framundan eru við breikkun Reykjanesbrautar. Bæði til að raska ekki streymi grunnvatnsins og til að koma í veg fyrir að mengunarefni berist í grunnvatnið og þaðan í tjarnirnar.

8. Þakkarorð

Gísli Már Gíslason, prófessor emeritus, aðstoðaði við greiningar á vorflugulirfum, eru höfundar honum þakklátir. Jón Heiðar Gestsson verkfræðingur og Helga Aðalgeirsdóttir landslagshönnuður lásu yfir drög að skýrslunni fyrir hönd Vegagerðarinnar og komu með margar góðar ábendingar sem höfundar eru þakklátir fyrir. Guðni Guðbergsson sviðsstjóri á Hafrannsóknastofnun yfirfór skýrsluna og bætti á ýmsa lund.

Heimildir

Agnar Ingólfsson. (1977). Distribution and habitat preferences of some intertidal amphipods in Iceland. *Acta Naturalia Islandica* 25. 28 bls.

Agnar Ingólfsson. (1998a). *Lífríki í fjörunni við Straumsvík*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):207–213.

Agnar Ingólfsson. (1998b). *Lífríki í tjörnum við Straumsvík*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):255–262.

Agnar Ingólfsson. (2006). The intertidal seashore of Iceland and its animal communities. *The Zoology of Iceland I* 7:1–85.

Anderson, L.E. (1954). Hoyer's solution as a rapid permanent mounting medium for bryophytes. *The Bryologist* 57:242–243.

Bagenal T.B. & F.W. Tesch. (1978). *Age and growth*. Í: Bagenal T.B. (ritstj.). Methods for assessment of fish production in freshwaters. IBP handbook No 3. Blackwell Scientific Publication, Oxford: 365 bls.

Bey, M.-Y. & Ector, L. (2013). Atlas des diatomees des cours d'eau de la region Rhone-Alpes. Tome 1. Centriques, Monoraphidees. Tome 2. Araphidees, Brachyraphidees. Tome 3. Naviculacees: Naviculoidees. Tome 4. Naviculacees: Naviculoidees. Tome 5. Naviculacees: Cymbelloidees, Gomphonematoidees. Tome 6. Bacillariacees, Rhopalodiacees, Surirellacees. - Direction regionale de l'Environnement, de l'Amenagement et du Logement Rhone-Alpes, Lyon, 1182 bls.

Bjarni K. Kristjánsson, Sigurður S. Snorrason, Camille Leblanc, David L. G. Noakes og Skúli Skúlason. (2014). *Lífið á jaðrinum: Dvergbleikja (*Salvelinus alpinus*) í íslenskum lindarbúsvæðum*. Náttúrufræðingurinn 84(3–4): 123–131.

Brynjólfur Eyjólfsson, Gísli Einarsson, Guðmundur Harðarsson, Íris Hvanndal, Hlynur Sigurgíslason og Þórey Ingimundardóttir. (1997). *Samanburður á fjölbreytileika fánu Brunntjarnar og Lóna*. Skýrsla í Sumarnámskeiði í vistfræði við Háskóla Íslands, 15 bls.

Cantonati, M. Kelly, M.G & 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 Orthocladiinae (*Chironomidae*).* Scientific publication No. 45. Freshwater Biological Association, Windermere Laboratory, Cumbria, England. 152 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Jórunn Harðardóttir, Svava Björk Þorláksdóttir, Kristjana G. Eyþórsdóttir. (2011). *Efnasamsetning, rennsli og aurburður straumvatna á Vesturlandi V*. Gagnagrunnur Jarðvísindastofnunar og Veðurstofunnar. RH-06-2011. 46 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Deirdre Clark, Carl-Magnus Mörth og Sigurður Reynir Gíslason. (2019). *Efnasamsetning Þingvallavatns 2007–2018*, RH-02-2019, 42 bls.

Eydís Salome Eiríksdóttir, Sunna Björk Ragnarsdóttir, Gerður Stefánsdóttir, Fjóla Rut Svavarsdóttir og Svava Björk Þorláksdóttir. (2020). *Lýsing á viðmiðunaraðstæðum straum- og stöðuvatna á Íslandi*. Skýrsla til Umhverfisstofnunar HV 2020-23. 80 bls.

Freysteinn Sigurðsson. (1976). *Straumsvíkursvæði. Skýrsla um vatnafræðilega frumkönnun*. Orkustofnun, OS-JKD-7603. 59 bls. + 25 myndir.

Freysteinn Sigurðsson. (1998). *Grunnvatnið í Straumsvík*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):179–188.

Gísli Már Gíslason. (1981). Distribution and habitat preferences of Icelandic Trichoptera. Proceedings of the 3rd International Symposium on Thricoptera. *Series Entomologica* 20:90–109.

Haukur Jóhannesson og Sigmundur Einarsson. (1998). *Hraun í nágrenni Straumsvíkur*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):171–177.

Hörður Kristinsson. (1998). *Gróðurbreytingar við álverið í Straumsvík*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4): 241–254.

Johnson, L. (1980). *The arctic charr,* Salvelinus alpinus. Í: Charrs, Salmonid fishes of the genus Salvelinus (ritstj. E.K. Balon). Dr.W. Junk Publishers, the Hague. Bls. 15–98.

Jóhannes Sturlaugsson, Ingi Rúnar Jónsson, Stefán Eiríkur Stefánsson og Sigurður Guðjónsson. (1998). *Dvergbleikja á mótum ferskvatns og sjávar*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):189–199.

Jónatan Garðarsson. (1998). *Útivistarperlan í Hraunum*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):163–170.

Jörundur Svavarsson. (1998). *Lífríki á klapparbotni neðansjávar við álverið í Straumsvík*. Náttúrufræðingurinn 67(3–4):215–221.

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). (Endurskoðuð útgáfa). Berlin: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg.

Lange-Bertalot, H. (2001). *Navicula sensu stricto 10 Genera Separated from* Navicula *sensu lato Frustulia*. Í Lange-Bertalot, H (ritstj.), Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. 2. hefti. Königstein: A.R.G Gantner Verlag L.G.

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). Zoobenthos ecology of Thingvallavatn: vertical distribution, abundance, population dynamics and production. *Oikos* 64:257–304.

Magurran, A.E. (2003). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science, Blackwell Publishing company, Oxford, England. 256 bls.

Mannvit 2020. Reykjanesbraut (41); Krýsuvíkurvegur – Hvassahraun. Mat á umhverfisáhrifum – tillage að matsáætlun, nóvember 2020, 35 bls.

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.

Moss, B. (2018). *Ecology of Freshwaters*. Earth's Bloodstream. Fimmta útgáfa. Wiley-Blackwell. 543 bls.

Redfield, A.C. (1958). The biological control of chemical factors in the environment, *American Scientist*, 1958.

Schmid, P.E. (1993). A key to the larval Chironomidae and their instars from Austrian Danube region, streams and rivers with particular reference to a numerical taxonomic approach. Part I, Diamesinae, Prodiamesinae and

Orthocladiinae. *Wasser und Abwasser*, suppl. 3/93. Federal Institute for water quality in Wiean – Kaisermühlen. 514 bls.

Sigurður S. Snorrason, Skúli Skúlason, B. Jonsson, Hilmar J. Malmquist & Pétur M. Jónasson. (1994). Trophic specialization in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Pisces: Salmonidae): morphological divergence and ontogenetic niche shifts. *Biol. J. Linn. Soc*. 52. 1-18.

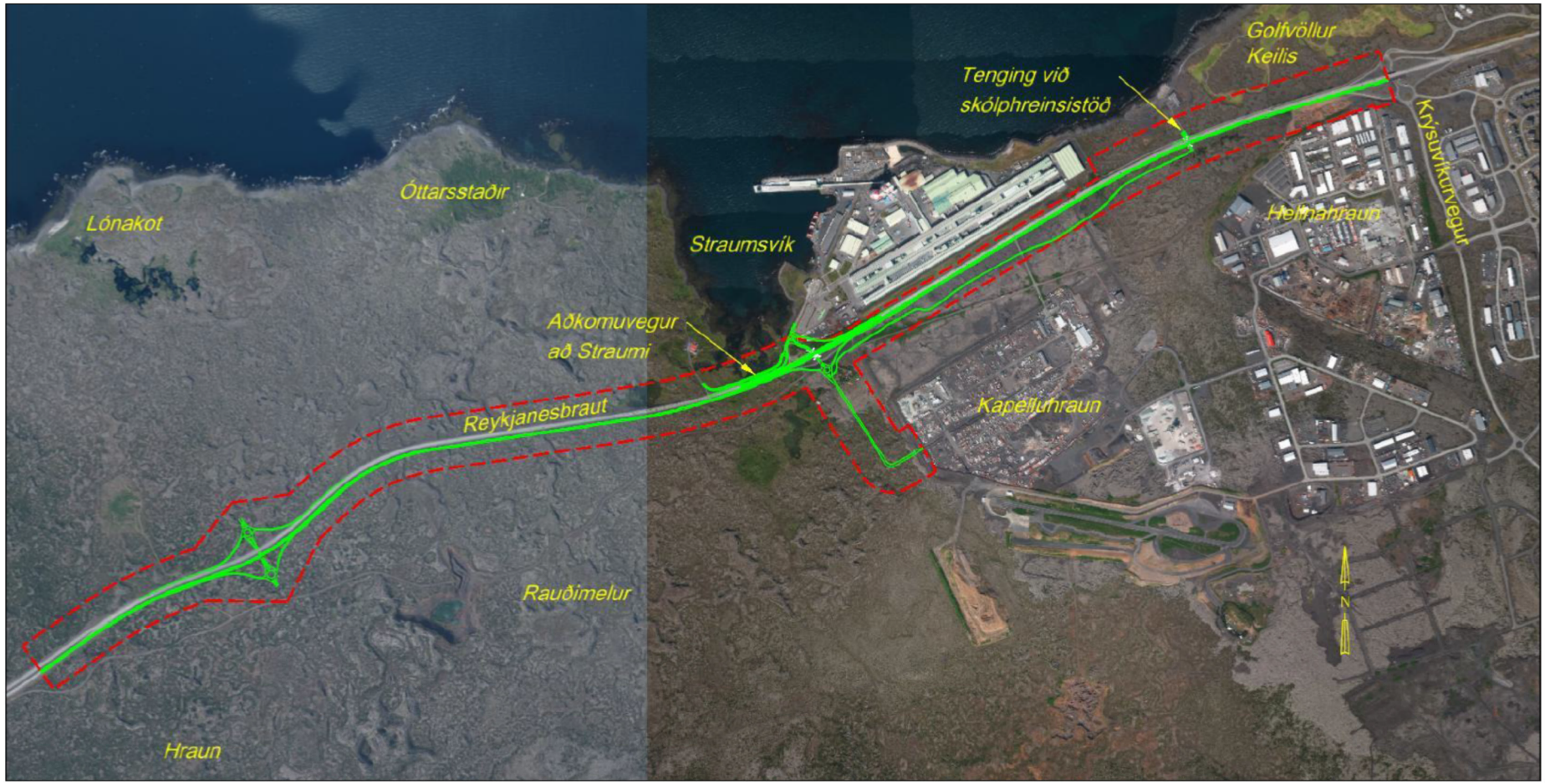
Skúli Skúlason, Thórólfur Antonsson, Gudni Gudbergsson, Hilmar J. Malmquist & Sigurdur S. Snorrason. (1992). Variability in Icelandic Arctic charr. *Icel. Agr. Sci*. 6: 143-153.

Wetzel, R.G. (2001). *Limnology. Lake and River Ecosystems*. Þriðja útgáfa. Academic Press, London, England. 1006 bls.

Wiederholm T. (ritstj.). (1983). Chironomidae of the Holarctic region. Keys and diagnoses. Part 1 – Larvae. *Ent. Scand. Suppl*.19:1–457.

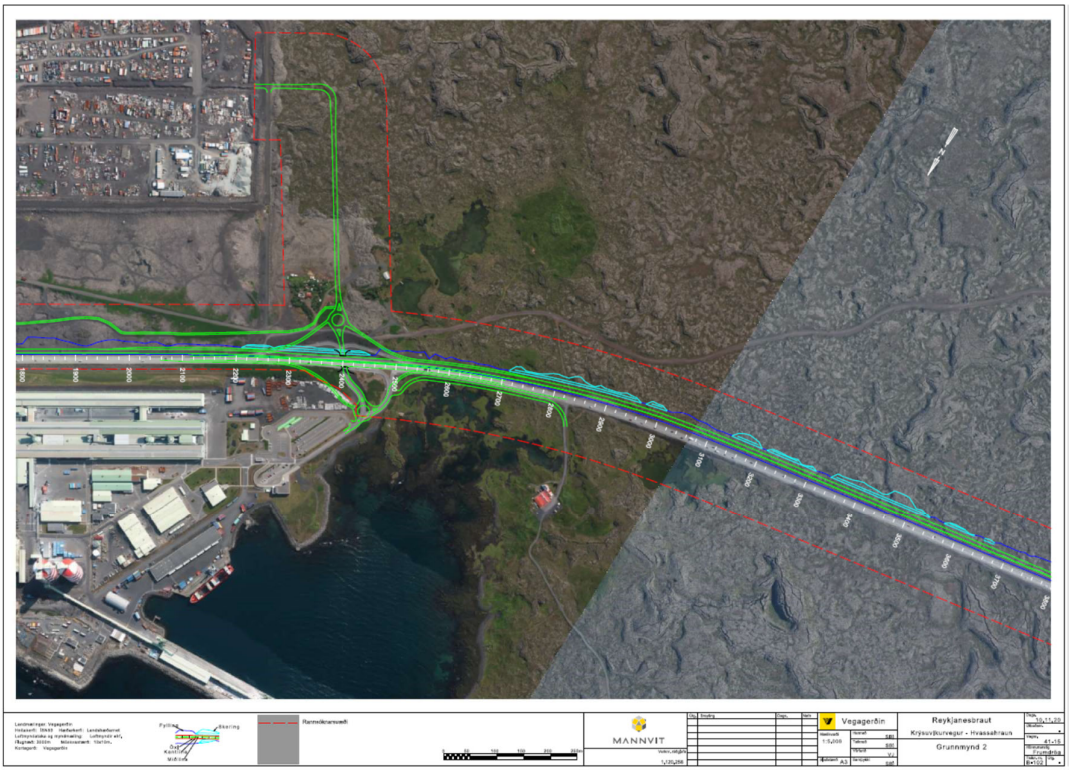
Viðaukar

Viðauki 1. Yfirlitsmynd af áhrifasvæði framkvæmda vegna fyrirhugaðrar breikkunar Reykjanesbrautar. Grænu línurnar tákna nýja vegi og rauðu brotalínurnar afmarka áhrifasvæði framkvæmdanna. Yfirlitsmyndir fengnar úr: Reykjanesbraut (41), Krýsuvíkurvegur-Hvassahraun, mat á umhverfisáhrifum, tillaga að matsáætlun, nóvember 2020, bls. 3-6.

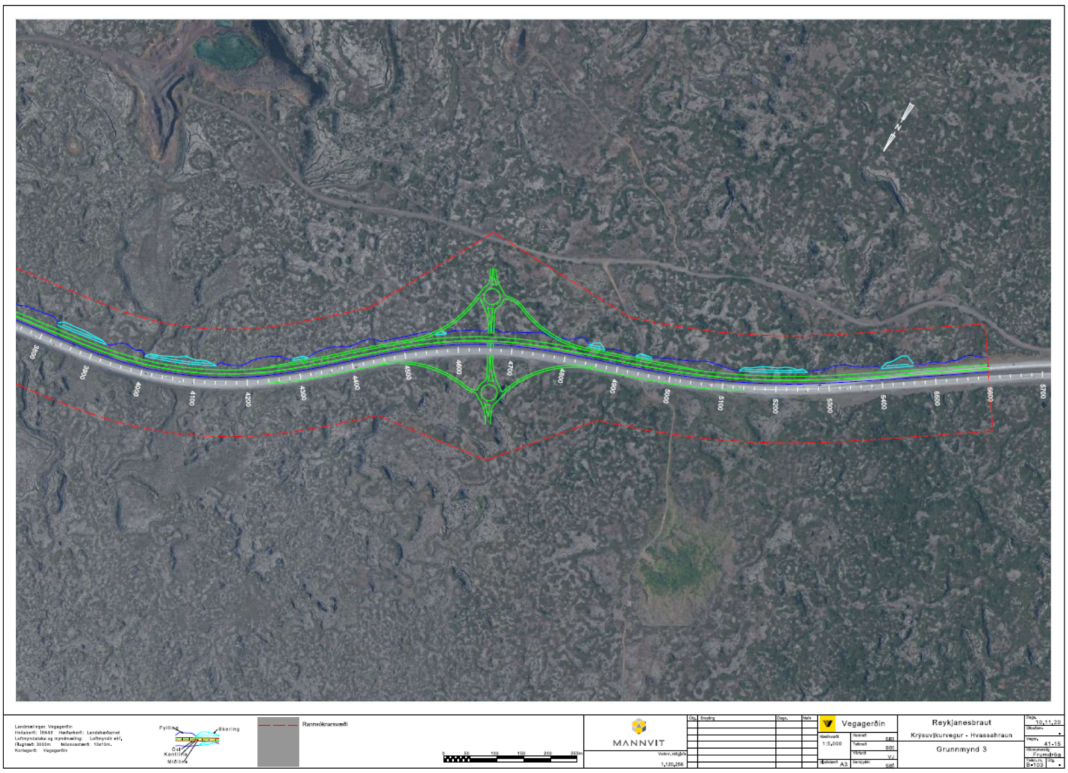


Yfirlitsmynd yfir fyrirhugaða framkvæmd og rannsóknarsvæði vegna mats á umhverfisáhrifum (rauð punktalína)

Yfirlitsmynd yfir austurhluta fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis.



Yfirlitsmynd yfir miðhluta fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis. Gert er ráð fyrir aðkomuvegi að Straumi sjávarmegin við núverandi Reykjanesbraut við Straumsvík.



Yfirlitsmynd yfir vesturhluta fyrirhugaðs framkvæmdasvæðis

Viðauki 2. Hlutfallslegur fjöldi (%) einstakra kísilþörungategunda eða tegundahópa í sýnum úr fjöru tjarna í Straumsvík, 3. og 6. júlí 2020.

Tegund eða tegundahópur og höfundur heitis	Gerðistjörn	Brunntjörnin	Straumstjarnir	Brunntjörn
Ctenophora pulchella (Ralfs ex Kütz.) Williams et Round			2,5	
Fragilaria cf. *vaucheriae* (Kützing) Petersen	3,3	3,4		
Pseudostaurosira brevistriata (Grun.in Van Heurck) Williams & Round	8,4	2,3	0,2	
Pseudostaurosira microstriata (Marciniak) Flower	0,7	1,6	0,2	0,3
Stauroforma atomus (Hust.) Talgatti, C.E.Wetzel, E.Morales & Torgan			0,5	
Staurosira martyi (Héribaud) Lange-Bertalot	0,3	0,3	1,1	
Staurosira cf. *pinnata* Ehrenberg	21,2	40,4	3,3	40,9
Staurosira pseudoconstruens (Marciniak) Lange-Bertalot	26,0	27,4		18,8
Staurosira spp.		1,0		2
Staurosira venter (Ehrenberg) Cleve & Moeller	13,4	12,3	0,7	17,8
Ulnaria ulna var. *ulna (Nitzsch) Compère*	0,3			
Peronia fibula (Brébisson ex Kützing) Ross			0,2	
Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki				0,3
Cocconeis placentula Ehrenberg	0,2			
Karayevia clevei (Grunow in Cl. & Grun.) Bukhtiyarova		0,2		
Planothidium lanceolatum (Brébisson ex Kützing) Lange-Bertalot				0,3
Planothidium spp.			2,2	
Adlafia langebertalotii Monnier et Ector		0,5		0,3
Adlafia minuscula var. *minuscula* (Grunow) Lange-Bertalot		0,3		
Cymbella lange-bertalotii Krammer		0,3		
Cymbella neocistula var. *islandica* Krammer				0,3
Cymbella sp 1	3,0	0,3		
Encyonema minutum (Hilse in Rabh.) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	0,7			
Gomphonema pumilum (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot		0,3		
Humidophila contenta (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopa				0,3
Humidophila perpusilla (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen,Van deVijver, Lange-Bertalot & Kopalová		0,3		0,3
Hygropetra balfouriana (Grunow ex Cleve) Krammer & Lange-Bertalot				0,3
Navicula bottnica Grunow in Cleve et Grunow			1,9	
Navicula cryptotenelloides Lange-Bertalot	0,2			
Navicula gregaria Donkin			1,2	
Navicula lanceolata (Agardh) Ehrenberg			0,2	
Navicula lundii Reichardt		0,3		
Navicula salinicola Hustedt			0,5	
Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	1,0	0,2	0,9	
Sellaphora atomoides Wetzel & Van de Vijver	0,3	0,3	0,5	

Tegund eða tegundahópur og höfundur heitis	Gerðistjörn	Brunntjörnin	Straumstjarnir	Brunntjörn
Sellaphora nigri (De Not.) C.E. Wetzel et Ector comb. nov. emend.	0,3			0,3
Nitzschia cf. *costei* Tudesque, Rimet & Ector	11,3	4,6	0,5	10,5
Nitzschia cf. *fossilis* (Grunow) Grunow in Van Heurck	0,3	0,7		
Nitzschia cf. *paleacea* (Grunow) Grunow in Van Heurck	1,2	0,5		0,3
Nitzschia cf. *pura* Hustedt			0,1	
Nitzschia cf. *soratensis* Morales & Vis	6,1	2,0	1,6	2,8
Nitzschia cf. *thermaloides* Hustedt			1,1	
Nitzschia sp. 1	0,3		80,0	
Nitzschia spp.	0,8	0,3		2
Surirella brebissonii Krammer & Lange-Bertalot			0,2	1,1
Annað ógreint	0,7		0,5	0,8

Viðauki 3. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) ásamt staðalfrávikum fyrir einstakar tegundir eða hópa hryggleysingja í fjöru tjarna við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020. Meðalt.= meðaltal og Stf.= staðalfrávik meðaltala. Byggt er á 6 sýnum í hverju tilfelli.

	Gerðistjörn		Brunntjörnin		Straumstjarnir		Brunntjörn	
Botndýrahópar	Meðalt	*Stf*	Meðalt	*Stf*	Meðalt	*Stf*	Meðalt	*Stf*
Ánar (Oligochaeta)	355	*316*	581	*655*	0	*0*	2.725	*6.251*
Marflær (Amphipoda)	0	*0*	0	*0*	21	*51*	0	*0*
Gammaridea	0	*0*	0	*0*	371	*173*	0	*0*
Árfætlur (Copepoda)	22	*55*	118	*236*	213	*170*	108	*138*
Augndíli (Cyclopoida)	313	*469*	14	*35*	0	*0*	2.124	*1.503*
Ormdíli (Harpacticoida)	177	*204*	47	*75*	17	*42*	239	*181*
Skelkrebbi (Ostracoda)	1.759	*1.064*	368	*338*	32	*53*	1.536	*1.160*
Vatnaflær (Cladocera)	20	*50*	74	*181*	0	*0*	37	*60*
Mánafló (*Alona qudrangularis*)	0	*0*	0	*0*	0	*0*	23	*57*
Kúlufló (*Chydorus* sp.)	104	*143*	10.194	*16.613*	0	*0*	3.310	*7.525*
Vatnamítlar (Hydrachnellae)	437	*265*	5.693	*7.479*	421	*182*	6.681	*10.496*
Vorflugulirfur (Trichoptera)	0	*0*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Vorflugupúpur (Trichoptera)*	0	*0*	49	*120*	0	*0*	45	*72*
Apatania zonella L	17	*43*	25	*60*	0	*0*	0	*0*
Limnephilus affinis L	336	*544*	0	*0*	0	*0*	54	*97*
Rykmýslirfur (Chironomidae)	184	*216*	326	*359*	39	*61*	0	*0*
Tanypodinae	10	*25*	0	*0*	0	*0*	132	*221*
Macropelopia sp.	0	*0*	0	*0*	0	*0*	33	*81*
Orthocladiinae	284	*310*	3.014	*3.168*	20	*50*	5.117	*3.591*
Orthocladius sp.	38	*92*	77	*119*	0	*0*	43	*106*
Chaetocladius sp.	38	*59*	217	*316*	0	*0*	1.332	*1.170*
Cricotopus sp.	81	*199*	34	*83*	0	*0*	40	*97*
Cricotopus (C.) *tibialis*	248	*319*	34	*83*	0	*0*	1.357	*1.083*
Eukiefferiella minor	848	*319*	2.531	*2.965*	22	*54*	0	*0*
Metriocnemus eurynotus	20	*50*	252	*202*	0	*0*	396	*971*
Orthocladius (*O.*) *frigidus*	42	*103*	107	*183*	256	*361*	0	*0*
Psectrocladius sp.	0	*0*	0	*0*	0	*0*	658	*1.498*
Rheocricotopus sp.	0	*0*	49	*120*	0	*0*	0	*0*
Thienemanniella sp.	45	*84*	0	*0*	0	*0*	0	*0*
Tanytarsini	20	*50*	16	*40*	0	*0*	223	*308*
Micropsectra sp.	757	*454*	282	*317*	0	*0*	252	*257*
Rykmýspúpur (Chironomidae P)	192	*65*	190	*219*	104	*98*	157	*230*
Samtals	**6.350**	***2.099***	**24.292**	***16.726***	**1.516**	***537***	**26.620**	***15.868***

*Vorflugupúpur í Brunntjörninni eru af tegundinni *A. zonella* en *L. affinis* í Brunntjörn.

Viðauki 4. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) helstu hópa hryggleysingja í fjöru í tjörnum við Straumsvík 3. og 6. júlí 2020 ásamt staðalfrávikum, lægstu- og hæstu gildum auk hlutfalls hvers hóps. Byggt er á 6 sýnum í hverju tilfelli.

Gerðistjörn

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	355	316	0	936	5,6
Marflær (Amphipoda)	0	0	0	0	0,0
Árfætlur (Copepoda)	513	615	0	1.675	8,1
Skelkrebbi (Ostracoda)	1.759	1.064	249	3.151	27,7
Vatnaflær (Cladocera)	125	189	0	488	2,0
Vatnamítlar (Hydrachnellae)	437	265	0	669	6,9
Vorflugur (Trichoptera)	353	580	0	1.361	5,6
Rykmý (Chironomidae)	2.808	1.354	1.247	5.003	44,2
Samtals fjöldi	6.350	2.099	3.056	8.901	

Brunntjörnin

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	581	655	0	1.680	2,4
Marflær (Amphipoda)	0	0	0	0	0,0
Árfætlur (Copepoda)	180	222	0	590	0,7
Skelkrebbi (Ostracoda)	368	338	120	1.033	1,5
Vatnaflær (Cladocera)	10.268	16.676	0	38.987	42,3
Vatnamítlar (Hydrachnellae)	5.693	7.479	450	15.358	23,4
Vorflugur (Trichoptera)	74	181	0	443	0,3
Rykmý (Chironomidae)	7.129	2.878	4.052	10.679	29,3
Samtals fjöldi	24.292	16.726	5.435	50.054	

Straumstjarnir

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	0	0	0	0	0,0
Marflær (Amphipoda)	392	162	103	526	25,9
Árfætlur (Copepoda)	230	197	0	513	15,2
Skelkrebbi (Ostracoda)	32	53	0	125	2,1
Vatnaflær (Cladocera)	0	0	0	0	0,0
Vatnamítlar (Hydrachnellae)	421	182	134	616	27,8
Vorflugur (Trichoptera)	0	0	0	0	0,0
Rykmý (Chironomidae)	441	459	0	1.313	29,1
Samtals fjöldi	1.516	537	941	2.495	

Brunntjörn

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	2.725	6.251	0	15.481	10,2
Marflær (Amphipoda)	0	0	0	0	0,0
Árfætlur (Copepoda)	2.470	1.711	300	4.956	9,3
Skelkrebbi (Ostracoda)	1.536	1.160	95	3.373	5,8
Vatnaflær (Cladocera)	3.371	7.499	83	18.662	12,7
Vatnamítlar (Hydrachnellae)	6.681	10.496	1.405	27.962	25,1
Vorflugur (Trichoptera)	99	120	0	248	0,4
Rykmý (Chironomidae)	9.739	5.750	5.377	21.222	36,6
Samtals fjöldi	26.620	15.868	10.824	53.584	

Viðauki 5. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) ásamt staðalfrávikum fyrir einstakar tegundir eða hópa hryggleysingja á mjúkbotni tjarna við Straumsvík 20. ágúst 2020. Meðalt.= meðaltal og Stf.= staðalfrávik meðaltala. N= Fjöldi sýna sem unnið var úr í hverju tilfelli.

	Gerðistjörn			Brunntjörnin			Straumstjarnir			Brunntjörn	
	N=3			N=3			N=5			N=3	
Hryggleysingjahópar	Meðaltal	*Stf.*		Meðaltal	*Stf.*		Meðaltal	Stf.		Meðaltal	Stf.
Ánar (Oligochaeta)	177	*153*		301	*82*		935	*1.178*		517	*409*
Sniglar (Gastropoda)	0	*0*		0	*0*		4	*9*		0	*0*
Marflær (Amphipoda)	0	*0*		0	*0*		0	*0*		0	*0*
Gammaridae	0	*0*		0	*0*		8	*18*		0	*0*
Árfætlur (Copepoda)	20	*34*		26	*45*		0	*0*		13	*23*
Calanoida	0	*0*		0	*0*		27	*33*		0	*0*
Cyclopoida	360	*147*		353	*219*		4	*9*		1859	*1118*
Harpacticoida	0	*0*		7	*11*		950	*634*		190	*160*
Skelkrebbi (Ostracoda)	1.623	*499*		3.718	*4.538*		0	*0*		4320	*2772*
Vatna- og sjávarflær (Cladocera)	308	*314*		13	*23*		0	*0*		0	*0*
Alona sp.	52	*11*		0	*0*		0	*0*		13	*23*
Alona qudrangularis	759	*82*		26	*30*		0	*0*		223	*216*
Chydorus sp.	0	*0*		0	*0*		0	*0*		124	*120*
Iliocryptus sordidus	0	*0*		7	*11*		0	*0*		0	*0*
Macrothrix hirsuticornis	982	*212*		3.325	*2.380*		0	*0*		144	*172*
Podon sp.	0	*0*		0	*0*		31	*36*		0	*0*
Mítlar (Hydrachnellae)	353	*272*		661	*600*		546	*624*		255	*71*
Vorflugulirfur (Thrichoptera)	0	*0*		0	*0*		0	*0*		7	*11*
Tanypodinae	47	*44*		112	*36*		0	*0*		0	*0*
Macropelopia sp.	26	*25*		382	*67*		0	*0*		78	*70*
Orthocladiinae	51	*49*		0	*0*		0	*0*		0	*0*
Cricotopus (C.) tibialis	46	*57*		26	*45*		0	*0*		123	*159*
Chironominae	0	*0*		0	*0*		0	*0*		22	*39*
Tanytarsini	100	*59*		153	*155*		0	*0*		39	*35*
Micropsectra sp.	632	*192*		385	*86*		0	*0*		283	*106*
Tanytarsus sp.	1.493	*946*		2.148	*1.694*		0	*0*		2007	*968*
Rykmýspúpur (Chironomidae)	13	*11*		0	*0*		0	*0*		20	*34*
Samtals	**7.042**	***1.527***		**11.644**	***3.941***		**2.505**	***1.276***		**10.236**	***5.502***

Viðauki 6.. Meðalþéttleiki (fjöldi/m^2) helstu hópa hryggleysingja á mjúkbotni í tjörnum við Straumsvík 20. ágúst 2020 ásamt staðalfrávikum, lægstu- og hæstu gildum auk hlutfalls hvers hóps. Í sviga aftan við tjarnaheiti er sýndur fjöldi sýna sem unnið var úr.

Gerðistjörn (3)

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	177	153	79	353	2,5
Árfætlur (Copepoda)	380	134	275	530	5,4
Skelkrebbi (Ostracoda)	1.623	499	1.080	2.062	23,0
Vatna- og sjávarflær (Cladocera)	2.101	52	2.062	2.160	29,8
Mítlar (Hydrachnellae)	353	272	196	668	5,0
Rykmý (Chironomidae)	2.409	1.153	1.080	3.142	34,2
Önnur dýr	0	0	0	0	0,0
Samtals fjöldi	7.042	1.527	5.282	8.011	

Brunntjörnin (3)

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	301	82	236	393	2,6
Árfætlur (Copepoda)	386	265	118	648	3,3
Skelkrebbi (Ostracoda)	3.718	4.538	923	8.954	31,9
Vatna- og sjávarflær (Cladocera)	3.371	2.317	766	5.203	28,9
Mítlar (Hydrachnellae)	661	600	79	1.276	5,7
Rykmý (Chironomidae)	3.207	1.858	1.944	5.341	27,5
Önnur dýr	0	0	0	0	0,0
Samtals fjöldi	11.644	3.941	9.052	16.179	

Straumstjarnir (5)

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	935	1.178	39	2.651	37,3
Árfætlur (Copepoda)	982	630	59	1.473	39,2
Skelkrebbi (Ostracoda)	0	0	0	0	0,0
Vatna- og sjávarflær (Cladocera)	31	36	0	79	1,3
Mítlar (Hydrachnellae)	546	624	79	1.610	21,8
Rykmý (Chironomidae)	0	0	0	0	0,0
Önnur dýr	12	18	0	39	0,5
Samtals fjöldi	2.505	1.276	432	3.377	

Brunntjörn (3)

Lífveruhópar	Meðaltal	Staðalfrávik	Lágmark	Hámark	Hlutfall %
Ánar (Oligochaeta)	517	409	157	962	5,1
Árfætlur (Copepoda)	2.062	1.193	687	2.827	20,1
Skelkrebbi (Ostracoda)	4.320	2.772	1.178	6.421	42,2
Vatna- og sjávarflær (Cladocera)	504	436	20	864	4,9
Mítlar (Hydrachnellae)	255	71	177	314	2,5
Rykmý (Chironomidae)	2.572	1.093	1.394	3.554	25,1
Önnur dýr	7	11	0	20	0,1
Samtals fjöldi	10.236	5.502	3.888	13.627	

Viðauki 7. Yfirlit yfir sýnasöfnun á rannsóknatímabilinu júní til september 2020. x merkir að viðkomandi sýnum var safnað/þáttur mældur.

Tjörn	Rannsókna-svæði	Dags.	Kl.	Hnit N	Hnit V	Lofthiti	Vatnshiti	pH	Leiðni	Efni	Súrefni	SVIF			Chl_fjara		Þör_fjara		Dýr_fjara		Dýr_leðja	Hornsíli	Bleikja
												#1	#2	#3	#1	#2	#1	#2	#1	#2			
Gerðistjörn		30.6.2020	12:40	64,03954°	022,03794°	x	x	x	x	x		x	x	x									
Brunntörnin		30.6.2020	13:45	64,03829°	022,03852°	x	x	x	x	x													
Brunntörnin		30.6.2020		64,03837°	022,03842°							x											
Brunntörnin		30.6.2020		64,03869°	022,03823°								x										
Brunntörnin		30.6.2020		64,03900°	022,03828°									x									
Straumstjarnir		30.6.2020	14:40	64,04071°	022,04522°	x	x	x	x	x													
Straumstjarnir		30.6.2020		64,04077°	022,04658°								x										
Straumstjarnir		30.6.2020		64,04071°	022,04522°									x									
Straumstjarnir		30.6.2020		64,04089°	022,04539°							x											
Straumstjarnir		30.6.2020					x	x	x														
Straumstjarnir		30.6.2020					x	x	x														
Straumstjarnir	Svæði A	30.6.2020		64,04059°	022,04682°		x	x	x														
Straumstjarnir	Svæði B	30.6.2020		64,04037°	022,04619°		x	x	x														
Straumstjarnir	Svæði C	30.6.2020		64,04053°	022,04579°		x	x	x														
Brunntjörn		30.6.2020	15:50	64,03959°	022,04942°	x	x	x	x	x		x											
Brunntjörn		30.6.2020		64,04010°	022,05031°		x	x	x				x										
Brunntjörn		30.6.2020		64,03982°	022,05082°		x	x	x					x									
Gerðistjörn		3.7.2020	14:58	64,03996°	022,03858°		x	x	x		x				x		x		x				
Brunntjörnin		6.7.2020	12:13	64,03860°	022,03910°		x	x	x		x				x		x		x				
Straumstjarnir		3.7.2020	12:12	64,04067°	022,04535°		x	x	x	x	x				x		x		x				
Brunntjörn		3.7.2020	10:16	64,03949°	022,04998°		x	x	x		x				x		x		x				
Brunntjörn		3.7.2020	11:16	64,03983°	022,05064°		x	x	x		x					x		x		x			
Gerðistjörn		20.8.2020	12:02	64,03998°	022,03803°		x	x	x														
Gerðistjörn		20.8.2020		64,04001°	022,03815°																x		
Brunntjörnin		20.8.2020	12:24	67,03894°	022,03962°		x	x	x														
Brunntjörnin		20.8.2020		64,03883°	022,03957°																x		
Straumstjarnir		20.8.2020	10:53	64,04065°	022,04535°		x	x	x														
Straumstjarnir		20.8.2020	11:04	64,04080°	022,04612°		x	x	x												x		
Brunntjörn		20.8.2020	11:29	64,03958°	022,04945°		x	x	x												x		
Gerðistjörn		30.9.2020		64,03992°	022,03811°		x	x	x													x	x
Brunntjörnin		30.9.2020		64,03889°	022,03794°		x	x	x													x	x
Straumstjarnir		30.9.2020		64,04051°	022,04574°		x	x	x													x	x
Brunntjörn		30.9.2020	10:46	64,03981°	022,04945°		x	x	x													x	x

HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókna- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna